ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 MARS 1925.

PRÉSIDENCE DE M. E.-L. BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dicétones et cétones mixtes dérivées de l'α-mononitrile de l'acide camphorique et du cyanocampholate de méthyle.* Note de MM. **A. Haller** et **F. Salmon Legagneur**.

En étudiant l'action du bromure de phénylmagnésium sur le cyanocampholate de méthyle, l'un de nous, en collaboration avec M. Weimann (1), avait isolé, parmi les produits de la réaction, du benzoylcampholate de méthyle

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}CH^2CN\\COOCH^3\end{matrix}\right. \quad C^6H^5MgBr \rightarrow C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}CH^2-COC^6H^5\\COOCH^3\end{matrix}\right.$$

Ce même composé a été préparé plus tard en partant du dibenzoylcamphre (2). En reprenant nos premières recherches dans des conditions variées, nous avons constaté qu'il se formait, en plus du produit déjà signalé, d'autres composés résultant de l'attaque de la fonction éther-sel par l'organomagnésien. Mais cette Note a pour principal objet l'étude de l'action de C^6H^5MgBr sur l'homologue inférieur du cyanocampholate, c'est-à-dire sur l'éther méthylique de l'α-mononitrile de l'acide camphorique

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}CH^2CN\\COOCH^3\end{matrix}\right.$$

I. *Action du bromure de phénylmagnésium sur ce nitrile éther-sel.* — L'éther

(1) A. Haller et Weimann, *Comptes rendus*, 144, 1907, p. 298.

(2) A. Haller et L. Palfray, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1642.

méthylique de l'acide α-nitrile camphorique a été obtenu au moyen d'une technique un peu différente de celle indiquée par MM. Oddo et Leonardi [1] d'une part, et MM. Rupe et Splittberger [2] d'autre part.

Notre isonitrosocamphre est d'abord préparé en faisant agir de l'azotite d'amyle sur le camphre sodé par l'intermédiaire de l'amidure. Ce dérivé isonitrosé, en solution benzénique, est additionné de chlorure de thionyle au lieu et place de chlorure de phosphore. On verse ensuite directement sur le produit de la réaction un léger excès d'alcool méthylique anhydre et l'on obtient ainsi l'éther méthylique avec un excellent rendement.

A du bromure de phénylmagnésium, obtenu au sein de l'éther anhydre (400^g) avec 18^g de magnésium et 120^g de bromure de phényle, on ajoute goutte à goutte, au moyen d'un entonnoir à robinet, 35^g de l'éther méthylique d'acide α-nitrile camphorique, en ayant soin d'agiter vigoureusement le mélange pendant toute une journée.

La solution vire au rouge et il se forme dans le ballon deux couches de liquide. La réaction s'achève en maintenant l'ébullition encore pendant une journée. Le contenu du ballon est décomposé par de l'eau glacée et acidulée au moyen de l'acide bromhydrique, pour dissoudre la magnésie formée. Il se dépose alors, entre les deux couches éther et eau, un corps A, blanc grisâtre, cristallisé, qu'on essore à la trompe. Les 10^g de produit isolés de la sorte sont dissous dans l'alcool absolu et la liqueur est précipitée par l'addition d'éther. Le composé recueilli se présente sous la forme de fines aiguilles blanches très solubles dans l'alcool, insolubles dans l'éther, solubles dans l'eau bouillante. Il fond à 211-213°, contient du brome et de l'azote et donne à l'analyse des chiffres correspondant au bromhydrate de la cétimine :

$$C^8H^{14}\left\langle \begin{array}{l} C\left\langle \begin{array}{l} C^6H^5 \\ NH\,HBr \end{array}\right. \\ CO\,C^6H^5 \end{array}\right.$$

Lévogyre, ce corps possède dans l'alcool absolu le pouvoir rotatoire $[\alpha]_D^{14°} = -53°16'$.

Traité par l'alcool bouillant légèrement acidulé par HCl, il laisse déposer des cristaux de forme dendritique qui, redissous dans un mélange d'éther et d'éther de pétrole, se redéposent en superbes tables fondant à 118° et

---

(1) Oddo et Leonardi, *Gazz. chim. ital.*, 26, I, 1896, p. 405.

(2) Rupe et Splittberger, *B. d. Chem. Ges.*, 40, 1907, p. 4311.

répondant à la composition

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}CO\,C^6H^5\\ CO\,C^6H^5\end{matrix}\right. = \begin{matrix}CH^2 & \text{———} & CH - CO\,C^6H^3\\ | & & CH^3CCH^3\\ CH^2 & \text{———} & C - CO\,C^6H^5\\ & & CH^3\end{matrix}$$

Tenant compte de la constitution du noyau $C^8H^{14}\langle$, ce corps n'est autre chose que le *dibenzoyl*-1.3-*triméthyl*-1.2.2-*cyclopentane*.

Son pouvoir rotatoire en solution benzénique : $[\alpha]_D^{10°} = -60°10'$.

Traité par le chlorhydrate d'hydroxylamine et l'acétate de sodium en milieu hydro-alcoolique, il fournit une monoxime de point de fusion 199-200° répondant à la constitution

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}C\left\langle\begin{matrix}NOH\\ C^6H^5\end{matrix}\right. & \alpha\\ CO\,C^6H^5 & \beta\end{matrix}\right.$$

Ce même dérivé se forme d'ailleurs très facilement quand on traite directement le bromhydrate de cétimine, signalé plus haut, par du chlorhydrate d'hydroxylamine dans les mêmes conditions, indice que c'est bien la fonction cétone en α qui est transformée en oxime.

Corps B. — La solution éthérée résultant de la décomposition du complexe magnésien, et dont on a séparé les cristaux A, est lavée à l'eau alcaline, séchée sur du sulfate de magnésie anhydre et évaporée. Le résidu est distillé sous un vide de 18^{mm} jusqu'à 150° environ pour éliminer la majeure partie du diphényle formé au cours de la réaction. On continue ensuite la rectification et l'on recueille de 210° à 220° sous $4^{mm},5$, environ 12^g d'une huile claire, visqueuse et, au-dessus de 225°, 5^g d'une huile épaisse de couleur foncée. Le résidu assez important ne distille pas.

Les deux dernières fractions sont mises à cristalliser soit dans un mélange d'éther et de ligroïne, soit de benzène et de ligroïne. On isole de fines aiguilles qu'on purifie par des cristallisations répétées dans le benzène bouillant dans lequel il est peu soluble à froid. Au bloc Maquenne il fond intantanément à 172°-175°, mais commence à se ramollir dès la température de 120°.

A l'analyse il donne des chiffres concordant avec la formule

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}CO\,NH^2\\ CO\,C^6H^5\end{matrix}\right.$$

ce qui conduit à le considérer comme le *benzoyl*-1-*triméthyl*-1.2.2-*carbo*-

nylamide-3-cyclopentane. Il est dextrogyre, son pouvoir rotatoire dans l'alcool absolu étant $[\alpha]_D^{16^\circ} = +44^\circ 51'$.

Avec le chlorhydrate d'hydroxylamine il fournit une oxime fondant à 194°-196°.

La potasse alcoolique, et mieux l'acide chlorhydrique à 10 pour 100, le transforment en un acide qu'on purifie par dissolution dans le benzène et précipitation de la liqueur au moyen de la ligroïne. Cet acide

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}CO\,OH\\CO\,C^6H^5\end{matrix}\right.$$

peu soluble dans l'eau, même à chaud, est très soluble dans l'éther et l'alcool et a pour point de fusion 169° [1]. Il est inactif sur la lumière polarisée. Son sel de potasse donne un précipité blanc avec l'azotate d'argent. Il ne fournit pas d'oxime ni de semicarbazone.

II. *Action du bromure de phénylmagnésium sur le cyanocampholate de méthyle.* — On opère comme avec l'homologue inférieur en faisant agir 8g de cyanocampholate sur l'organomagnésien préparé avec 2g,4 de Mg, 16g de C^6H^5Br et 200cm³ d'éther (soit 2mol de C^6H^5MgBr pour 1mol de dérivé cyané). Après un chauffage prolongé et un traitement du liquide éthéré par de l'eau glacée et accidulée on isole, comme précédemment, un précipité

(1) Un acide de même composition $C^{16}H^{20}O^3$, mais fondant à 125°-126°, a été isolé par M. Burcker (*B. S. Ch.*, 3e série, **4**, 1890, p. 112; **13**, 1895, p. 780, 901) parmi les produits de l'action du chlorure d'aluminium sur un mélange d'anhydride camphorique et de benzène. La réaction fut reprise en 1894 (*Comptes rendus*, **119**, 1894, p. 427) par MM. Burcker et Stabil qui isolèrent, outre l'acide précité, son anhydride $C^{16}H^{18}O^2$, ainsi qu'un composé $C^{22}H^{24}O^2$ que les auteurs décrivent « sous la forme d'une masse cristalline de couleur rougeâtre » sans autre précision.

Il est possible que l'acide $C^{16}H^{20}O^3$ fondant à 125°-126° a pour constitution

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}CO\,C^6H^5 & \alpha\\CO\,OH & \beta\end{matrix}\right.$$

alors qu'au nôtre revient celle d'un acide

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}CO\,OH & \alpha\\CO\,C^6H^5 & \beta\end{matrix}\right.$$

Quant au composé $C^{22}H^{24}O^2$, il convient d'en reprendre l'étude et de l'obtenir à l'état pur pour le confronter avec notre dicétone

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}CO\,C^6H^5\\CO\,C^6H^5\end{matrix}\right.$$

de point de fusion 118°.

grisâtre entre les deux couches éther et eau, de point de fusion indistinct vers 180°, précipité qu'on essore à la trompe et qu'on fait cristalliser dans l'alcool bouillant. On obtient de fines aiguilles fondant à 115° et qui, à l'analyse, donnent des chiffres correspondant au *benzoyl-1-triméthyl-1.2.2-phénacyl-3-cyclopenthane*

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CH^2COC^6H^5\\COC^6H^5\end{array}\right..$$

Pouvoir rotatoire dans le benzène $[\alpha]_D = +43°35'$.

Il est probable que le précipité grisâtre fondant au-dessus de 180° est le bromhydrate de la cétimine

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CH^2C\left\langle\begin{array}{l}NH\\C^6H^5\end{array}\right.\\COC^6H^5\end{array}\right.$$

présentant de fortes analogies avec son homologue inférieur que nous avons réussi à isoler.

La liqueur éthérée, surnageant le précipité, traitée comme précédemment, ne donne après distillation que du benzoylcampholate de méthyle déjà décrit et fondant vers 70°.

Quand on fait réagir 4^{mol} d'organomagnésien ($Mg = 14^g,4$, $C^6H^5Br = 95^g$, éther anhydre 300^g) sur une molécule de cyanocampholate (30^g) on n'obtient pas de composé insoluble entre les deux couches d'éther et d'eau. Par contre, on recueille à la distillation sous 6^{mm} à 8^{mm} de pression, 15^g de substance passant entre 185° et 215° et 5^g entre 215° et 225°.

La première fraction reprise par la ligroïne froide laisse un produit insoluble (3^g) qui cristallise, au sein de l'alcool bouillant, en belles tables rectangulaires de point de fusion 140°-141°. Ce corps répond à la formule

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CH^2CN\\COC^6H^5\end{array}\right.$$

et peut être considéré comme du *benzoyl-1-triméthyl-1.2.2-éthylnitrile-3-cyclopentane*. Ce corps ne forme de dérivé ni avec l'hydroxylamine ni avec la semicarbazide.

La portion soluble dans la ligroïne est constituée uniquement par du benzoylcampholate de méthyle.

Enfin de la deuxième fraction de la distillation on isole par cristallisations répétées, dans un mélange d'éther et de ligroïne, le même composé

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CH^2CN\\COC^6H^5\end{array}\right.$$

et un autre produit de point de fusion 195-197°, cristallisé en petites lamelles et dont l'analyse fournit des chiffres qui conduisent à un corps de la formule $C^{17}H^{23}ON$, composé qui diffère de celui fondant à 140-141° par deux atomes d'hydrogène en plus. Il en est peut-être l'alcool correspondant. La trop petite quantité de produit isolé ne nous a pas permis d'établir sa constitution d'une façon définitive.

Conclusions. — On peut représenter l'ensemble des produits qui se forment dans l'action de l'organomagnésien du phényle sur les deux nitriles éthers-sels homologues par le tableau suivant :

$$C^8H^{14}\begin{cases} CN & \alpha \\ CO\,OCH^3 & \beta \end{cases}$$

$$\swarrow \qquad \searrow$$

$$C^8H^{14}\begin{cases} CO\,NH^2 \\ CO\,C^6H^5 \end{cases} \qquad C^8H^{14}\begin{cases} C{\begin{cases} {=}NH \\ C^6H^5 \end{cases}} \\ CO\,C^6H^5 \end{cases}$$

$$\downarrow \qquad\qquad\qquad \downarrow$$

$$C^8H^{14}\begin{cases} CO\,OH \\ CO\,C^6H^5 \end{cases} \qquad C^8H^{14}\begin{cases} CO\,C^6H^5 \\ CO\,C^6H^5 \end{cases}$$

$$C^8H^{14}\begin{cases} CH^2CN & \alpha \\ CO\,OCH^3 & \beta \end{cases} \rightarrow C^8H^{14}\begin{cases} CH^2CN \\ CO\,C^6H^5 \end{cases}$$

$$\downarrow \qquad\qquad\qquad \downarrow$$

$$C^8H^{14}\begin{cases} CH^2-CO\,C^6H^5 \\ CO\,OCH^3 \end{cases} \qquad C^8H^{14}\begin{cases} CH^2\,C{\begin{cases} {=}NH \\ C^6H^5 \end{cases}} \\ CO\,C^6H^5 \end{cases}$$

$$\downarrow$$

$$C^8H^{14}\begin{cases} CH^2-CO\,C^6H^5 \\ CO\,C^6H^5 \end{cases}$$

A l'inspection de ce tableau on remarque que si l'on aboutit avec les deux nitriles éthers-sels à des dérivés dibenzoylés α, β, il n'y a pas parallélisme absolu entre les réactions qui se succèdent à partir des nitriles.

Il y a, d'autre part, lieu d'observer qu'à part la cétimine et le dérivé dibenzoylé se rattachant à l'α-nitrile camphorique droit qui sont nettement gauches, tous les autres composés dévient la lumière polarisée à droite.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage du carbone dans les substances organiques.* Note [1] de MM. **A. Desgrez** et **R. Vivario.**

L'un de nous a fait connaître [2] une méthode de dosage du carbone urinaire total basée sur l'oxydation sulfochromique. Des tubes contenant du ferrocyanure de potassium et du borax fixent le chlore et l'acide chlorhydrique qui se dégagent; l'anhydride carbonique ainsi purifié est recueilli dans un flacon à potasse.

---

(1) Séance du 16 mars 1925.

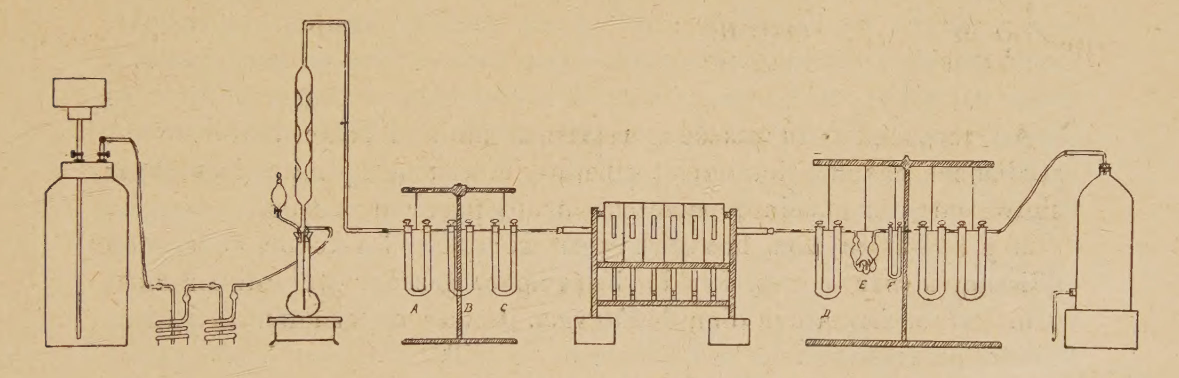
(2) A. Desgrez, *Le carbone total urinaire* (*Bulletin des Sciences pharmacologiques*, 3, 1901, p. 345).

Donzé et Lambling [1] ayant constaté que le mélange sulfochromique peut être, dans certains cas, insuffisant pour oxyder complètement le carbone, ont proposé d'introduire, entre les tubes et le flacon à potasse, un tube renfermant de l'oxyde cuivrique, placé sur une grille à combustion. En vue d'utiliser cette méthode pour le dosage du carbone dans le plasma sanguin, nous avons voulu nous assurer : 1° que les dérivés volatils du chlore et de l'azote, qui pourraient se dégager au cours de l'opération, sont bien retenus par le ferrocyanure et le borax ; 2° que l'oxydation du carbone est complète, même lorsqu'il s'agit du carbone protéique.

Nos essais nous ont montré que le procédé donne des résultats exacts, à condition que l'on opère en présence d'un grand excès de bichromate potassique et d'acide sulfurique aussi concentré que possible.

La technique est la suivante :

Appareil. — L'appareil que nous utilisons est disposé approximativement comme l'indique Donzé. Il comporte, de gauche à droite (voir figure) :



1° Un gazomètre; un premier tube laveur de Winkler, contenant une solution concentrée de potasse et un second renfermant de l'acide sulfurique concentré ; 2° un appareil de Desgrez, appareil en verre résistant (pyrex), muni d'un ballon de 300$^{cm^3}$ environ et placé sur un réchaud à gaz ; 3° trois tubes en U de 20^{cm} de haut, renfermant : le premier, (A), de la ponce sulfurique ; le deuxième, (B), du ferrocyanure de potassium en grains ; le troisième, (C), du borax fondu et granulé ; 4° un tube en verre, de 50 à 60^{cm} de longueur, placé sur une grille à combustion ; ce tube contient de l'oxyde cuivrique vermiculé, maintenu par deux rouleaux de toile de

(1) Donzé et Lambling, *Sur le dosage du carbone total de l'urine* (*C. R. de la Société de Biologie*, 4, 1903, p. 968).

cuivre; 5° trois tubes en U, de 20^{cm}, renfermant le premier et le troisième de la ponce sulfurique (tubes D et I), le deuxième de la chaux sodée (tube H). L'ensemble se termine par un grand flacon avec tubulure inférieure, rempli d'eau et qui fonctionne comme aspirateur. Entre les tubes D et I, s'interposent un tube (E) de Mohr (avec de la potasse) et un petit tube en U (F) dont l'une des branches contient de la potasse en fragments et l'autre du chlorure de calcium granulé.

Mode opératoire. — L'appareil étant disposé ainsi que nous venons de l'indiquer, sans le tube de Mohr ni le tube F, introduire dans le ballon : 1° 2 à 3^{cm^3} de plasma, ou quelques décigrammes de la substance à analyser ; 2° 10^g de bichromate de potassium. Fixer le ballon au réfrigérant et verser un peu d'acide sulfurique dans la partie évasée du col du ballon, pour assurer une fermeture étanche. Allumer les brûleurs de la grille et faire passer lentement un courant d'air pour priver l'appareil de CO^2. Entre temps, tarer les tubes E et F. Disposer ensuite ces tubes entre les tubes D et H, arrêter le passage de l'air pendant cette opération. Verser, par l'entonnoir à brome de l'appareil, 10^{cm^3} d'eau distillée bouillie et, ensuite, 125^{cm^3} d'acide sulfurique concentré. Cette addition doit se faire goutte à goutte au début, et le courant d'air doit être réglé de façon à éviter un passage trop rapide du gaz dans le tube de Mohr. L'acide étant introduit entièrement, chauffer doucement le ballon. Augmenter progressivement la flamme, en prenant soin de maintenir un passage lent et régulier des gaz.

En 2 heures environ, l'oxydation est complète. La fin de l'opération est indiquée par la cessation du dégagement gazeux, et, ordinairement aussi, par la formation d'un dépôt vert. Cesser de chauffer le ballon, éteindre progressivement les brûleurs de la grille, continuer à faire passer un courant d'air pendant trois quarts d'heure environ pour éliminer complètement l'oxygène des tubes E et F. Peser ces derniers tubes, après un séjour d'une heure au moins dans la salle des pesées.

Afin de nous assurer que les dérivés azotés et chlorés ne peuvent fausser les résultats du dosage, nous avons effectué des essais en opérant comme s'il s'agissait d'un dosage, mais en introduisant, dans le ballon de l'appareil, $0^g,5$ de nitrite de sodium, 10^g de bichromate et 125^{cm^3} d'acide sulfurique. Pour constater la présence éventuelle des dérivés azotés, nous avons placé, entre les tubes à combustion et le tube D, un tube de Mohr contenant de l'empois d'amidon et de l'iodure de potassium. Dans une autre série d'expériences, nous avons remplacé le nitrite par 1^{cm^3} d'acide chlorhydrique concentré, et la solution d'empois d'amidon et d'iodure par une solution de nitrate d'argent.

Dans aucun cas nous n'avons pu déceler le passage soit de dérivés nitrés, soit de dérivés chlorés. Ces essais répétés sans tube témoin, mais avec les tubes à potasse (E et F), nous ont permis de constater qu'il n'y avait pas d'augmentation de poids après l'opération.

Il nous restait à vérifier si, par ce procédé, tout le carbone des matières organiques était bien transformé en anhydride carbonique. Dans ce but, nous avons dosé le carbone des quelques substances suivantes : sulfocyanure de potassium, cystine, créatine, phénylalanine, sérumalbumine, glucose, acide palmitique.

Les résultats obtenus sont indiqués au Tableau I.

Tableau I.

	Carbone pour 100.	
	Essai 1.	Essai 2.
Sulfocyanure de potassium	12,39	12,41
Créatine	36,11	36,10
Cystine	29,21	29,17
Phénylalanine	65,34	65,30
Sérumalbumine	50,91	50,93
Glucose	39,80	39,84
Acide palmitique	74,69	74,70

Afin de vérifier la concordance des résultats, lorsqu'il s'agit d'analyses de sang, nous avons fait deux séries de dosages de carbone sur un mélange de sérum (cheval), de sérumalbumine, de glucose et d'acide palmitique, dont nous avions, au préalable, déterminé la teneur en carbone. Les résultats de ces essais sont mentionnés ci-dessous (Tableau II).

Tableau II.

	Carbone (en milligrammes).			
	Mélange 1.		Mélange 2.	
Substances.	Théorique [1].	Dosé.	Théorique [1].	Dosé.
Sérum	50,2		50,2	
Acide palmitique	57,4		88,6	
Sérumalbumine	34,2		46,5	
Glucose	30,1		66,9	
Carbone total	171,9	172,4	252,2	252,5

(1) Ces données proviennent des dosages de C, effectués sur chacune de ces substances.

L'examen des Tableaux I et II permet de constater que le carbone des substances analysées est entièrement dosé, à l'état de CO^2, et que les résultats sont constants.

ÉLECTRICITÉ. — *Rectification de la lumière des tubes au néon.* Note de M. G. CLAUDE.

J'ai obtenu dans un travail sur la rectification de la lumière du néon des résultats assez curieux que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie.

Dans les tubes à néon-mercure employés pour donner la lumière bleue, et spécialement dans ceux de faible diamètre (8 à 10^{mm} extérieurs), les variations de température influent beaucoup sur la qualité de la lumière.

Quand la température est élevée, seul le spectre du mercure est visible ; si elle s'abaisse progressivement, quelques lignes du néon apparaissent d'abord, puis la lumière blanchit, rosit, et finalement rougit. Cela provient évidemment de ce que, à mesure que le tube refroidit, la tension de vapeur du mercure diminue progressivement et que le néon prend dans le transport des charges électriques un rôle de plus en plus prépondérant.

Or, constituons un de ces tubes d'une succession de tronçons de gros et

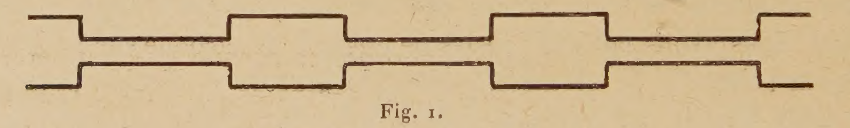


Fig. 1.

de petit diamètre (*fig.* 1) : la densité de courant étant plus grande dans les tronçons étroits, la température y sera plus élevée.

Une déduction trop hâtive des constatations précédentes m'avait donc fait penser que dans les sections étroites et chaudes, on aurait la lumière du mercure, et dans les sections larges et froides la lumière du néon. On obtiendrait ainsi, outre des effets décoratifs intéressants, la correction de la lumière du néon par la lumière du mercure à l'aide d'un seul tube, résultat pratiquement impossible jusque-là.

De fait, le résultat cherché a bien été obtenu, mais d'une façon précisément inverse de celle que j'attendais : pour un certain régime, d'ailleurs assez élastique, non seulement les parties larges, si elles ne sont pas trop froides, donnent la lumière du mercure, et pas celle du néon, mais les parties rétrécies, donc les plus chaudes, fournissent la lumière du néon, et pas celle du mercure.

Une expérience instructive va nous aider à comprendre cette double rectification imposée par les faits à ma conception primitive.

Dans des conditions de régime convenables, augmentons brusquement le courant d'un tube ordinaire néon-mercure marchant en lumière bleue; nous observons que la lumière du néon apparaît subitement, éteignant presque celle du mercure. Cependant, cet effet est fugace : après quelques secondes, le courant plus intense volatilise plus de mercure; celui-ci reprend le dessus et éteint le néon.

Cette expérience nous apprend qu'un mélange donné de néon et de mercure peut vibrer en mercure à faible densité de courant et en néon à forte densité; elle nous confirme en outre que plus le mélange s'enrichit en mercure, plus difficilement il vibre en néon.

Or, dans notre dispositif à tronçons alternativement gros et étroits, la densité de courant est automatiquement faible dans les gros tronçons, et grande dans les autres : il est donc naturel que les gros vibrent en mercure et les petits en néon.

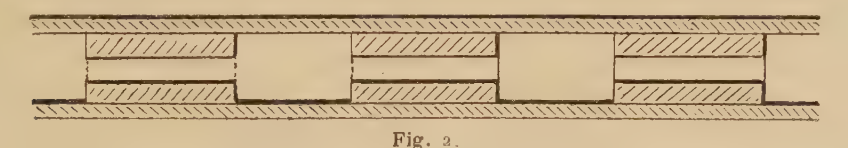


Fig. 2.

On peut pourtant se demander pourquoi ce dernier effet est permanent, et non fugace comme je le disais tout à l'heure d'un tube ordinaire. Il semble, en effet, que le chauffage plus fort des tronçons étroits y provoquant une volatilisation plus grande du mercure devrait amener rapidement ici encore l'extinction du néon. C'est cependant une erreur, car la tension du mercure en tous les points de l'enceinte est ici gouvernée par le principe de la paroi froide, laquelle est, en l'espèce, celle des tronçons de grosse section : la teneur en vapeur de mercure des petits tronçons ne peut donc augmenter; le mercure en excès qui s'y trouve est bientôt transporté sur les surfaces froides et, après une mise en régime plus ou moins longue, la lumière du néon y peut subsister indéfiniment.

En résumé, malgré le mal-fondé de mon point de départ, je suis donc arrivé à ce résultat curieux, et qui intéressera sans doute les physiciens, d'un mélange gazeux de teneur uniforme donnant au même moment, dans des régions délimitées à volonté d'une même enceinte, le spectre du mercure ou celui du néon.

J'ajoute que de tels tubes sont facilement fabriqués (*fig.* 2) en introduisant

dans un tube de diamètre uniforme des tronçons de tubes plus petits et d'un diamètre interne convenable. On conçoit d'ailleurs qu'il suffit de varier les longueurs respectives des tronçons successifs pour modifier à volonté la teinte de la lumière résultante.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur l'anisal-p-aminocinnamate d'éthyle.* Note [1] de M. G. Friedel.

L'anisal-*p*-aminocinnamate d'éthyle (A) a été décrit par Vorländer comme ayant deux phases « cristallines liquides » (mésomorphes). On sait que les auteurs allemands se sont plu à multiplier le nombre de ces phases et croient à l'existence de trois et quatre formes mésomorphes pour un même corps. Les distinctions entre ces phases sont le plus souvent basées sur des différences d'aspect qui sont loin de suffire à les justifier. Dans la très grande majorité des cas, les prétendues phases multiples se réduisent en réalité à une seule. Je n'ai pu, en aucun cas, en constater plus de deux, l'une smectique, l'autre nématique. Encore ces exemples de double phase mésomorphe sont-ils rares. Ce sont, à ma connaissance, ceux de quelques sels de cholestérine des acides gras, et en dehors de cela uniquement le cas du corps (A) qui, au moins au premier examen, semble montrer une phase smectique et une phase nématique du type ordinaire.

J'ai déjà indiqué sommairement [2] que l'échantillon de (A) que j'ai pu étudier, provenant du laboratoire Gärtner et que je devais à l'obligeance de M. Gaubert, ne se comportait pas comme un corps pur, mais comme un mélange. MM. Feldtkeller et Walter viennent de publier [3] une description de ce corps, dans lequel ils ne comptent pas moins de quatre phases « cristallines liquides ». Les températures de transformation qu'ils indiquent confirment que mon échantillon est identique à celui qu'ils ont utilisé. Il y a donc un certain intérêt à donner les raisons pour lesquelles je considère ce corps comme un mélange. Je passe sur la description de la structure à coniques qui fait l'objet principal du Mémoire de ces auteurs; elle témoigne d'une méconnaissance absolue de ce qui a été fait depuis 15 ans sur ce

---

(1) Séance du 9 mars 1925.

(2) *Ann. de Phys.*, 18, 1922, note, p. 462.

(3) *Z. f. Kr.*, 60, 1924, p. 349-360.

sujet [1], comme d'ailleurs sur les états mésomorphes en général. Je ne m'occupe ici que de la prétendue multiplicité des phases.

J'emploie pour l'étude microscopique des corps mésomorphes un petit four fermé, chauffé électriquement par un double enroulement de fil de platine, et soigneusement étudié pour donner une température (mesurée au thermomètre à mercure) uniforme à moins de 1° près. Feldtkeller et Walter ont employé une platine en bois, munie de deux fils parallèles de chauffage et sur laquelle le porte-objet est placé à l'air libre. Dans ces conditions, des différences de deux ou trois degrés sont négligeables.

Feldtkeller et Walter admettent les transformations suivantes : Au-dessus de 138°, le corps est liquide et amorphe. Entre 138° et 117°, phase « cristalline liquide » I; c'est ce que nous appelons la phase *nématique*. Entre 117° et 108°, phase « cristalline liquide » II; c'est ce que nous appelons la phase *smectique*. Entre 108° et 100° (ou en surfusion jusqu'à 92°), deux phases III_a et III_b. La phase III_a serait une « résine cristalline » (Kr. Harz), dont il est dit seulement que, dans sa formation, elle garde à peu près les formes de la phase II. Sur la phase III_b, aucun renseignement, si ce n'est que son existence est douteuse. A 100°, les phases III passeraient à l'état cristallisé solide.

Voici maintenant ce que j'ai observé, en élevant graduellement la température : A froid, le corps, préalablement fondu sur un porte-objet, est cristallisé et solide; il se présente sous la forme d'une masse vermiculée qui, ainsi que je l'ai décrit aux pages 313-314 du Mémoire précité de 1922, pseudomorphise grossièrement la phase smectique II. Ce phénomène, bien connu et beaucoup plus précis dans d'autres cas (*p*-azoxycinnamate d'octyle, myristate de cholestérine, mélanges divers), paraît être ce qui a engagé les auteurs précités à imaginer les phases III. Mais on n'observe absolument rien, à 100°, qui justifie une séparation entre la phase III, réellement *cristallisée*, et une autre qui existerait au-dessous de 100°. Les phases III ne sont pas mésomorphes, mais cristallines, et se confondent avec la phase cristallisée existant à la température ordinaire.

Lorsque la température s'élève, la première fusion se produit à $T_1 = 107°$ (F. et W. 108°). Le corps passe à l'état mésomorphe. Mais cette fusion produit un résultat inaccoutumé : il se fait d'une part, en proportion très dominante, un corps smectique typique, à belles coniques focales ; et en même

---

[1] FRIEDEL et GRANDJEAN, *Bull. Soc. Min.*, 33, 1910, p. 409-469; GRANDJEAN, *Bull. Soc. Min.*, 42, 1919, p. 42-86; FRIEDEL, *Ann. de Phys.*, 18, 1922, p. 273-474.

temps, des plages homéotropes dont l'axe optique s'oriente normalement à la surface (plages dites normales) et qui montrent un mouvement brownien de l'axe optique d'une extraordinaire intensité. On sait que, jusqu'à présent, ce mouvement brownien est spécial aux corps nématiques et n'a jamais été observé dans les corps smectiques. D'ailleurs les plages smectiques à coniques n'en montrent pas trace, mais seulement les plages normales qui les entourent. Il y a là une première raison de croire que ces plages normales n'appartiennent pas à la phase smectique, mais à une phase nématique coexistante.

Vers 107°, les plages normales sont très réduites. Quand la température s'élève, elles croissent graduellement en étendue, montrant un mouvement brownien de plus en plus fort; les plages smectiques diminuent. Puis, à $T_2 = 114°$ (F. et W. 117°), les plages smectiques disparaissent, remplacées par des plages nématiques typiques, à noyaux. Mais, à cette température, *rien* ne change dans les plages normales à mouvement brownien. Tout l'ensemble est devenu une phase nématique unique, à mouvement brownien violent, et que rien ne distingue des plages de même nature qui existaient dès 107°.

Enfin à $T_3 = 133°$ (F. et W. 138°), cette phase nématique passe à la forme amorphe.

Inversement, abaissons la température à partir de l'état amorphe. La phase nématique reparaît à 133°, sans aucune surfusion, sous forme de plages à noyaux qui, très rapidement, s'orientent normalement et qui montrent le même mouvement brownien que précédemment. Dans ces plages normales subsistent par endroits des plages à noyaux, sous forme de boyaux contournés (F. et W. aspect « schlierig », strié). Ces plages à noyaux, dont la nature nématique est certaine, subsisteront jusqu'à 107°, et au-dessous par surfusion, dans les plages normales, démontrant ainsi d'une manière évidente que ces plages normales appartiennent à une phase nématique existant à côté de la phase smectique.

A 114°, ici encore sans aucune surfusion, on voit paraître dans la phase nématique de grands bâtonnets, cylindriques ou peu renflés, de la phase smectique. Mais si la température s'abaisse au-dessous de 114°, ces bâtonnets n'envahissent pas toute la préparation. Ils croissent tant que la température décroît, les plages nématiques qui les entourent diminuant. Et si l'on vient à relever la température, si peu que ce soit, on voit les bâtonnets smectiques se réduire et les plages nématiques croître. Il y a ainsi, à chaque température au-dessous de 114°, un *équilibre* entre les deux sortes de plages, qui appartiennent donc certainement à deux phases dis-

tinctes, coexistantes en proportions continûment variables dans un large intervalle de températures.

A 107°, il n'y a pas cristallisation immédiate, mais surfusion très accentuée. A ce moment, les plages nématiques à mouvement brownien sont devenues très réduites. Ce ne sont plus que de petits résidus qui se fondent difficilement dans les plages à coniques. Elles finissent cependant par disparaître vers 98-99°. A 97°, toute la masse est devenue smectique, mais l'emplacement de chaque résidu de plage nématique est marqué par un petit paquet de cristaux jaunes restant visibles dans la masse smectique jusqu'à sa cristallisation, et qui sont évidemment un reste de l'un des composants, concentré dans la phase nématique et dont il subsiste un petit excès, que la phase smectique n'a pas dissous. Si l'on relève la température à partir de 97°, on voit reparaître les plages nématiques vers 98-99°, *aux mêmes places* où elles existaient au refroidissement, et les cristaux jaunes disparaissent.

En résumé, le corps (A) montre, dès sa fusion à 107° à l'échauffement, et par surfusion jusqu'à 98-99° au refroidissement, deux phases *simultanées*, l'une smectique, l'autre nématique. Ces deux phases sont en équilibre à toutes températures jusqu'à 114°, la proportion de la phase smectique devenant nulle au-dessus de 114°, celle de la phase nématique nulle au-dessous de 98°. Ces températures ne sont pas des points de transformation définis, comparables à ceux d'un corps pur, mais dépendent essentiellement de la composition du mélange. C'est identiquement de la même manière que se comportent les mélanges, par exemple ceux d'azoxyphénétol et d'azoxybenzoate d'éthyle, qui présentent deux phases, l'une smectique, l'autre nématique, de compositions variables avec la température, et en proportions variables dans tout un intervalle de températures. Les corps purs à deux phases mésomorphes se comportent tout autrement et montrent à chaque température une phase unique, avec points de transformation définis. Jusqu'à ce que l'on ait préparé ce corps à l'état pur, l'anisalaminocinnamate d'éthyle ne pourra plus être cité comme exemple de double phase mésomorphe.

ÉLECTIONS.

Par l'unanimité de 47 suffrages, M. Henry Scott est élu Correspondant pour la Section de Botanique.

NOMINATIONS.

M. L. **Joubin** est désigné pour représenter l'Académie au *IXe Congrès international des Pêches et Industries maritimes.*

CORRESPONDANCE.

M. R. **Kœhler**, élu Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie, adresse des remercîments à l'Académie.

Sir **Arthur Schuster**, Secrétaire général du *Conseil international de Recherches*, transmet le programme de la troisième Assemblée générale, qui se réunira à Bruxelles le 7 juillet prochain.

M. M. **Molliard**, Doyen de la Faculté des Sciences de Paris, prie l'Académie de désigner un de ses Membres qui fera partie du Conseil de perfectionnement de l'*Institut de Biologie maritime* de la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Chimie minérale. Description des éléments chimiques et de leurs propriétés*, par H. Copaux et H. Perpérot. (Présenté par M. A. Haller.)

2° Conrad Kilian. *Essai de synthèse de la Géologie du Sahara sud-constantinois et du Sahara central.*

3° L. Duparc et M. Basadonna. *Manuel théorique et pratique d'Analyse volumétrique.* Deuxième édition, par Louis Duparc et Paul Wenger.

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Sur une généralisation du théorème du reste de Brill et Nœther. Application aux groupes de points surabondants.* Note de M. **Bertrand Gambier**.

1. Une courbe algébrique C admettant des points multiples Π_1, Π_2, ... d'ordre i_1, i_2, ..., on appelle adjointe une courbe algébrique A admettant Π_1, Π_2, ... avec les multiplicités $i_1 - 1 + \omega_1$, $i_2 - 1 + \omega_2$, ... : je spécifierai avec soin la valeur de chaque entier, *positif ou nul*, ω_1, ω_2, ... et l'appellerai *excès de multiplicité*, ou plus brièvement *excès* relatif à A du point multiple correspondant.

Je sépare le total G des points, autres que les Π, communs à C et A en deux portions G', G'' (dont l'une peut se composer de zéro point). Je conviens d'appeler G' et G'' résiduels l'un de l'autre, avec les excès ω_1 en Π_1, ω_2 en Π_2, ..., par G' et G'' faisons passer respectivement les adjointes A' et A'' d'excès ω'_1 et ω''_1 en Π_1, ω'_2 et ω''_2 en Π_2, ...; A' donne le résiduel γ' de G' (d'excès ω'_1 en Π_1, ...), A'' le résiduel γ'' de G'' (d'excès...).

Les conditions nécessaires et suffisantes pour que γ' et γ'' soient résiduels l'un de l'autre (suivant la nouvelle définition) sont exprimées par l'ensemble des inégalités

$$\omega_1 \leqq \omega'_1 + \omega''_1, \qquad \omega_2 \leqq \omega'_2 + \omega''_2, \qquad \ldots$$

Le degré de l'adjointe $\mathcal{A}$ réunissant γ' et γ'', ou les excès de $\mathcal{A}$, se calculent par cette condition que la somme des deux entiers correspondants relatifs à A *et $\mathcal{A}$ égale la même somme relative à* A' *et* A''.

2. *Deuxième généralisation :* supposons que A ne soit plus une adjointe : la multiplicité de Π_1 sur A est déficitaire, à la rigueur nulle : il est commode de la représenter encore par $i_1 - 1 + \omega_1 (\omega_1 \geqq 1 - i_1)$ et je conserve le nom d'*excès* pour ω_1. Les excès pourront donc maintenant être positifs ou négatifs.

Comme plus haut, on considère le total G des points, autres que les Π, communs à C et A ; on le partage en deux groupes G', G'' d'où sont issues les couches A', A'', adjointes ou non, donnant les excès positifs ou négatifs ω'_1 et ω''_1 en Π_1, ... et donnant les groupes γ', γ''. Les groupes G' et G'' ne sont plus résiduels dès qu'un seul ω est négatif, de même G' et γ' ou G'' et γ''. Mais *les inégalités*

$$\omega_1 \leqq \omega'_1 + \omega''_1, \qquad \omega_2 \leqq \omega'_2 + \omega''_2, \qquad \ldots$$

expriment encore les conditions nécessaires et suffisantes pour que les groupes γ'

et γ'' *soient résiduels l'un de l'autre; le degré ou les excès de l'adjointe* $\mathcal{A}'$ *réunissant se calculent par la même règle que plus haut.*

3. *Troisième généralisation.* Si le déficit de A en certains points tels que Π_1 atteint son maximum $1 - i_1$, que A′ ou A″ passent ou ne passent pas en Π_1, il peut être intéressant de chercher sous quelles conditions γ' et γ'' forment l'intersection complète de C avec une courbe $\mathcal{A}$, passant ou ne passant pas aux points Π, c'est-à-dire n'étant plus nécessairement une adjointe; il est d'ailleurs essentiel de spécifier l'excès (positif ou négatif) de $\mathcal{A}$ en chaque point Π. *Pour que la courbe* $\mathcal{A}$, *adjointe ou non, existe, il est nécessaire et suffisant qu'en chaque point multiple* Π *effectivement situé sur* A *on ait l'inégalité* $\omega \leqq \omega' + \omega''$, le degré de $\mathcal{A}$ se calcule comme plus haut; chaque excès de $\mathcal{A}$ se calcule comme plus haut, qu'il s'agisse d'ailleurs d'un point multiple de C situé ou non situé sur A.

4. Les principes énoncés ici permettent de constituer une théorie des séries linéaires de groupes de points découpés sur C par des courbes évitant systématiquement certains points multiples de C et conservant le caractère *adjoint* pour les autres; dans ces conditions C se comporte comme une courbe de genre *apparent* déterminé par les points multiples conservés; la théorie des séries *complètes*, *spéciales*, *non spéciales*, le théorème de Riemann-Roch, la loi de réciprocité de Brill et Nœther peuvent être réédités, avec quelques restrictions faciles à spécifier.

L'application du théorème d'Abel, quand le genre p utilisé est le genre apparent, ne se fait plus au moyen d'intégrales de première espèce, mais au moyen de p intégrales dont certaines peuvent être de seconde ou troisième espèce.

Je me contenterai de cette indication : dans l'espace à trois dimensions, l'existence des surfaces de translation de Sophus Lie se démontre en coupant une quartique plane *quelconque* par une droite mobile; si la quartique est de genre effectif 3, les coordonnées d'un point de la surface sont somme d'intégrales de première espèce; si la quartique acquiert 1, 2 ou 3 points doubles, on continue à obtenir des surfaces de translation de Sophus Lie, en coupant toujours par une droite *quelconque* et au fond cela revient à donner à la quartique le genre *apparent* 3.

5. Dans un autre ordre d'idées, j'ai pu, grâce aux principes précédents, achever la théorie des *groupes de points surabondants* pour un degré donné m, quand parmi les points-bases donnés il y en a qui ont sur chaque courbe à tracer une multiplicité supérieure à l'unité; j'ai traité cette question pour le cas des points-bases tous simples aux *Annales de l'École Normale supé-*

rieure, 3ᵉ série, 41, 1924, p. 147-264. On peut se borner aux groupes *complets* formés d'un nombre *fini* de points, de façon à éliminer le cas d'une seule C_m ou d'un système de courbes toutes décomposées, avec une partie commune.

Le genre p de la courbe *générale* du système (genre effectif) est celui qui résulte du degré m et de la multiplicité des points-bases; dans ces conditions, le groupe des points-bases d'un faisceau de courbes de genre p a pour surabondance p; la détermination des groupes anormaux revient à trouver quelle disposition doivent avoir les points-bases d'un faisceau pour contenir un groupe partiel, complet lui aussi, de surabondance s, *inférieure sans égalité à p*.

La surabondance, nulle ou positive, d'un groupe de points-bases donné s'obtient en menant deux C_m par ce groupe et en déterminant le nombre d'adjointes d'ordre $m-3$ linéairement indépendantes issues du groupe des points d'intersection complémentaires de C_m et C'_m.

En particulier il n'existe aucun groupe anormal complet formé d'un nombre fini de points pour le cas de courbes unicursales; pour le cas des courbes de genre 1, il n'y a que celui formé par les points-bases d'un faisceau.

6. Enfin on constate que l'étude de la disposition des points multiples d'une courbe algébrique, si ces points forment un groupe surabondant, revient à des problèmes de contact pour des courbes de degré convenable : par exemple trouver une octique ayant 15 points doubles revient à trouver une quintique et une sextique tangentes en 15 points simples.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les conditions nécessaires et suffisantes de la sommabilité de quelques fonctions.* Note de M. **Alexandre Kovanko**, présentée par M. Émile Borel.

D'après un théorème de M. Orbec, démontré à la Société mathématique de Moscou en 1914, nous avons une condition nécessaire et suffisante pour que la fonction $f(x) > 0$ (définie sur un ensemble E) soit sommable.

Soit E_k la partie de E où $f(x) \geqq K$.

La condition énoncée est la suivante :

Si la série $\sum_{k=1}^{\infty} mE_k$ converge, $f(x)$ est sommable et vice versa

$$mE_k = \text{mesure de } E_k.$$

Soit

$$F(u) > 0 \qquad (0 < u < +\infty)$$

une fonction croissante

$$\left[\lim_{u=\infty} F(u) = \infty\right] \qquad [F(n) = \text{entier pour } n \text{ entier}].$$

Nous posons la question suivante :

Trouver la condition nécessaire et suffisante pour que $F[f(x)]$ soit sommable.

Il est évident que $F[f(x)]$ est mesurable sur E. Soit ε_k la partie de E où $F[f(x)] \geqq k$.

La condition nécessaire et suffisante de la sommabilité de $F[f(x)]$ consiste en ce que la série

$$(1) \qquad s = \sum_{k=1}^{\infty} m\,\varepsilon_k$$

soit convergente (théorème d'Orbec).

Remplaçons la série (1) par une autre série conjuguée à la série (1) :

$$\begin{aligned} s = (m\varepsilon_1 + m\varepsilon_2 + m\varepsilon_3 + \ldots + m\varepsilon_{F(1)}) + (m\varepsilon_{F(1)+1} + \ldots + m\varepsilon_{F(2)}) \\ + (m\varepsilon_{F(2)+1} + \ldots + m\varepsilon_{F(3)}) + \ldots < F(1)\, m\varepsilon_1 + \Delta F(1)\, m\varepsilon_{F(1)} \\ + \Delta F(2)\, m\varepsilon_{F(2)} + \Delta F(3)\, m\varepsilon_{F(3)} + \ldots, \end{aligned}$$

$$\{\Delta F(k) = F(k+1) - F(k)\}.$$

De même

$$s > F(1)\, m\varepsilon_{F(1)} + \Delta F(1)\, m\varepsilon_{F(2)} + \Delta F(2)\, m\varepsilon_{F(3)} + \ldots.$$

Mais $\varepsilon_{F(k)} = E_k$, donc en posant

$$F(1)\, m\varepsilon_1 = A, \qquad F(1)\, m E_1 = B,$$

nous avons

$$(2) \qquad B + \sum_{k=2}^{\infty} \Delta F(k-1)\, m E_k < S < A + \sum_{k=1}^{\infty} \Delta F(k)\, m E_k, \quad \ldots.$$

De l'inégalité (2) il résulte le théorème suivant :

a. Si $S_1 = \sum_{1}^{\infty} \Delta F(k) m E_k$ converge, S converge; donc

$$(L) \int_E F[f(x)]\, dx \quad \text{existe.}$$

b. Si $(L) \int_E F[f(x)]\, dx$ existe, S converge; donc converge

$$S_2 = \sum_{2}^{\infty} \Delta F(k-1)\, m E_k.$$

Donc nous avons deux conditions distinctes : une suffisante, l'autre nécessaire.

Il est naturel de trouver les conditions complémentaires à quoi doit satisfaire la fonction $F(n)$ pour que notre condition (a) soit aussi nécessaire. Pour cela, écrivons l'inégalité (2) de la forme suivante :

$$B + S_1 - \sum_{2}^{\infty} \Delta_2 F(k-1) m E_k - \Delta F(1) m E_1 < S < A + S_1 \quad [\Delta_2 = \Delta(\Delta)],$$

ou, en posant

$$B - \Delta F(1) m E_1 = C,$$

nous avons

$$(3) \qquad C + S_1 - \sum_{2}^{\infty} \Delta_2 F(k-1) m E_k < S < A + S_1, \quad \ldots.$$

En appliquant la condition (b) à la fonction $\Delta F[f(x)]$, nous avons, si $(L)\int_E \Delta F[f(x)]\,dx$ existe, la série

$$S_3 = \sum_{2}^{\infty} \Delta_2 F(k-1) m E_k \quad \text{converge.}$$

En vertu de cette remarque, nous avons la condition suivante, complémentaire pour $F(u)$.

I. Soit $a > 0$, tel que, pour $u > a$, $\Delta F(u) < F(u)$. Nous savons donc que si $(L)\int_E F[f(x)]\,dx$ existe alors, $(L)\int_E \Delta F[f(x)]\,dx$ existe aussi. Donc de la convergence de la série s découle la convergence de s_3 et, par suite, à cause de l'inégalité (3), celle de s_1.

II. Comme cas particulier de la condition I, nous avons la suivante $\Delta F(u) < M$ (M = fixe); en particulier, cela aura lieu si $\Delta_2 F(u) < 0$.

III. Si $f(x)$ est sommable, donc $\sum_{k=1}^{\infty} mE_k$ converge et de plus

$$|\Delta^2 F(u)| < M \qquad (M = \text{fixe}),$$

alors s_3 converge; donc de (3) découle que si s converge, alors s_1 converge aussi.

Nous avons donc le théorème suivant :

THÉORÈME. — *Si la fonction croissante* $F(u)$ *satisfait à l'une des conditions* I, II *ou* III, *alors la condition nécessaire et suffisante pour l'existence de*

(L) $\int_E F[f(x)]\,dx$ *consiste en ce que la série* $\sum_{k=1}^{\infty} \Delta F(k) m E_k$ *soit convergente.*

Comme cas particuliers, nous avons :

$$F(u) = u^n \quad (n, \text{ entier positif}) \qquad s_1 = \sum_1^{\infty} [(k+1)^n - k^n] m E_k;$$

$$F(u) = a^u \quad (a, \text{ entier positif}) \qquad s_1 = \sum_1^{\infty} a^k m E_k;$$

$$F(u) = u^u \qquad s_1 = \sum_1^{\infty} [(k+1)^{k+1} - k^k] m E_k.$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur quelques propriétés de la dérivée-limite.* Note de M. V. **Weniaminoff**, présentée par M. Émile Borel.

J'ai donné dans une Note précédente (¹) une condition nécessaire et suffisante pour l'existence d'une dérivée-limite sur un ensemble de mesure positive.

La question qui se pose maintenant est de donner *une condition nécessaire et suffisante pour l'existence d'une dérivée-limite presque en chaque point du cercle* $|z| = 1$.

Le but de cette Note est de résoudre le problème posé, ainsi que les problèmes qui s'y rattachent.

Avant d'aborder ces questions, nous avons besoin de quelques définitions préliminaires.

Définition I. — *Nous dirons que le point* w_0 *de la frontière du domaine simple, simplement connexe* R *est atteint par un angle, si l'on peut construire un angle* > 0, *dont le sommet est au point* w_0, *et dont les côtés sont situés à l'intérieur du domaine* R.

Définition II. — *Nous dirons que la fonction* $f(z)$ *a une valeur* w_0 *en un point* z_0, $|z_0| = 1$, *s'il existe une limite* $f(z)$, *lorsque* z *tend vers* z_0 *le long d'un chemin quelconque situé à l'intérieur du cercle* $|z| \leqq 1$ *et non tangent à la circonférence.*

Dans tout ce qui suit, nous supposons que la fonction $w = f(z)$ *réalise la représentation conforme du domaine* R *sur l'intérieur du cercle* $|z| \leqq 1$.

1. Théorème. — *La condition cherchée consiste en ce que pour tout ensemble*

(¹) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 114.

de points E, $E = \{\bar{z}\}$, $|\bar{z}| = 1$, Mes. $E > 0$, *il existe un autre ensemble* E_1, $E_1 \subset E$, Mes. $E_1 > 0$ *tel que l'ensemble de points* $C = f(E_1)$ *formé par la transformation de* E_1 *au moyen de la fonction* $f(z)$ *ait une longueur positive et finie* (¹).

Il est évident, d'après les résultats de la Note précédente, que cette condition est *nécessaire*.

Voici les considérations par lesquelles on peut démontrer qu'elle est aussi *suffisante*.

Supposons que la longueur de l'ensemble $C = f(E_1)$ est positive. Soit, par impossible, $P(P \subset E_1$, Mes. $P > 0)$ l'ensemble parfait des points de $|z| = 1$ où la dérivée-limite de la fonction $f(z)$ n'existe pas.

On peut démontrer que la longueur de l'ensemble $C_1 = f(P)$ est nécessairement positive.

Deux cas sont possibles *a priori*, ou bien la longueur de l'ensemble des points de C_1 atteints par un angle quelconque est positive, ou bien la longueur de cet ensemble est nulle. Dans le dernier cas on peut construire dans R une fonction analytique uniforme $F(w)$ tendant vers zéro, quand w tend vers un point de C_1 par un chemin quelconque situé à l'intérieur de R. Considérons alors la fonction $F[f(z)]$. Cette fonction tend aussi vers zéro, quand z tend vers les points de P par des chemins quelconques, situés à l'intérieur du cercle $|z| < 1$, mais cela est impossible d'après un théorème de MM. Lusin et Privaloff (²).

Il reste à étudier le premier cas.

Or on peut démontrer que, dans ce cas, il existe une enveloppe pour R et, par conséquent, la dérivée-limite presque en chaque point de l'ensemble P, ce qui contredit à l'hypothèse.

2. Nous avons vu (³), que s'il existe une dérivée-limite sur un ensemble E, $E = \{\bar{z}\}$, $|\bar{z}| = 1$, Mes. $E > 0$, la transformation au moyen de la fonction $f(z)$ réalisant la représentation conforme de $|z| \leqq 1$ sur R, conserve nécessairement les angles aux points de $f(E)$ (si, bien entendu, la dérivée-limite n'est pas nulle aux points de E).

Soit R un domaine simple, simplement connexe et soit C l'ensemble de tous les points de la frontière de R, atteints par un angle quelconque. La question qui se pose est la suivante : *Quelle est la mesure de l'ensemble* E *des*

(¹) Sur la notion de longueur de l'ensemble, voir par exemple Carathéodory, *Vorlesungen über reelle Functionen*, p. 274-289.

(²) Privaloff, *Intégrale de Cauchy* (Thèse russe), p. 39.

(³) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 114.

points de $|z| = 1$, *formé par la transformation de* C *au moyen de la fonction* $f(z)$, *réalisant la représentation conforme du domaine* R *sur l'intérieur du cercle* $|z| \leqq 1$?

On peut démontrer le théorème suivant :

Théorème. — *La mesure de* E *est nécessairement nulle, si la dérivée-limite de la fonction* $f(z)$ *n'existe pas presque en chaque point du cercle* $|z| = 1$.

Nous n'insistons pas ici sur la démonstration de ce théorème en remarquant seulement que l'on démontre d'abord la mesurabilité de l'ensemble C.

Ensuite on démontre que si cet ensemble se transforme sur $|z| = 1$ en un ensemble E′ de mesure positive, alors il existe toujours une enveloppe pour R et, par conséquent, la dérivée-limite de la fonction $f(z)$ presque en chaque point de E′, ce qui contredit l'hypothèse.

3. Si l'on analyse la définition de la dérivée-limite, on voit sans peine qu'elle contient deux passages à la limite. Or, si l'on néglige un certain ensemble de points de $|z| = 1$ de mesure nulle, on peut donner une définition identique à la définition de la dérivée-limite pour *les fonctions réalisant la représentation conforme des domaines simples simplement connexes sur l'intérieur de cercle* en n'employant qu'un seul passage à la limite. Voici comment on peut énoncer cette définition.

Soient z_0 un point de $|z| = 1$, L_1 et L_2 deux courbes situées à l'intérieur du cercle $|z| < 1$ formant un angle non nul au point z_0.

Définition nouvelle. — *Nous dirons que* $f(z)$ *a une dérivée-limite* $\psi(z_0)$ *au point* z_0, *si le rapport* $\frac{f(z_0 + \Delta z) - f(z_0)}{\Delta z}$ *tend vers une limite* $\psi(z_0)$ *quand* $z_0 + \Delta z$ *tend vers* z_0 *tout en restant sur* L_1 *ou sur* L_2.

Cette définition est équivalente à la précédente [1] (en négligeant un ensemble de mesure nulle) d'après le théorème suivant :

Théorème. — *S'il existe sur un ensemble* E, $E = \{\bar{z}\}$, $|\bar{z}| = 1$, Mes. $E > 0$ *une dérivée-limite* [1] $\varphi(\bar{z})$, *alors il existe toujours presque en chaque point de cet ensemble la dérivée* $\psi(\bar{z})$ *et cette dérivée est égale à la dérivée-limite et inversement.*

Nous n'avons démontré ce théorème que dans le cas où la fonction $f(z)$ réalise la représentation conforme du domaine simple, simplement connexe sur l'intérieur du cercle $|z| \leqq 1$.

Il serait intéressant de savoir si les deux définitions de la dérivée-limite sont *toujours* équivalentes.

---

[1] *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 114.

MOTEURS A EXPLOSION. — *Reconstitution du moteur à explosion des frères Niepce de* 1806. Note (¹) de M. **P. Clerget**, présentée par M. Rateau.

Poursuivant des travaux sur les possibilités d'application aux moteurs des combustibles pulvérulents ou solides pulvérisés, j'ai eu la curiosité de rechercher quels étaient les moyens employés par divers expérimentateurs.

Les plus anciens paraissent être les frères Niepce, cités très succinctement dans divers ouvrages, tels que le Dictionnaire de Laboulaye, comme ayant fait fonctionner un bateau sur la Saône en 1806.

Grâce à l'obligeance de M. le Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, j'ai pu prendre connaissance du rapport de Lazare Carnot et Berthollet lu à la séance de l'Académie du 15 décembre 1806.

Ce rapport remarquable démontre que ses auteurs ont eu la prévision de la supériorité du moteur à combustion interne. Il dit notamment : « dans l'appareil de MM. Niepce, aucune portion du calorique n'est dissipée d'avance; la force mouvante est un produit instantané et tout l'effet du combustible est employé à produire la dilatation qui sert de force mouvante. » Les rapporteurs citent des expériences auxquelles ils ont assisté où une machine simplifiée fonctionnait avec de la poussière de lycopode ou avec du charbon pulvérisé mélangé de résine.

Le Service technique de l'Aéronautique nous a chargé de reconstituer cette machine, en nous conformant aux documents originaux. Nous avons ainsi constaté qu'elle fonctionne parfaitement, soulevant un poids de 20^{kg} à 30^{cm} de hauteur, avec une charge de 5^{cg} de lycopode. Ce combustible donnant environ 7000^{cal} par kilogramme, le rendement, malgré la détente incomplète, est donc d'environ 4 pour 100, la machine étant froide.

Les frères Niepce provoquaient l'allumage au moyen d'une mèche, se rallumant à l'extérieur après chaque explosion. Pour la facilité de la démonstration, nous avons remplacé celle-ci par un fil chauffé électriquement, ce qui ne change pas le résultat.

(¹) Séance du 16 mars 1925.

Le brevet de la machine définitive leur fut délivré le 20 juillet 1808 ; ce document est conservé à l'Office National de la Propriété Industrielle. Les dessins comprenant les coupes, élévation et même une perspective, sont si complets que la reconstitution de cette machine peut être réalisée bien exactement.

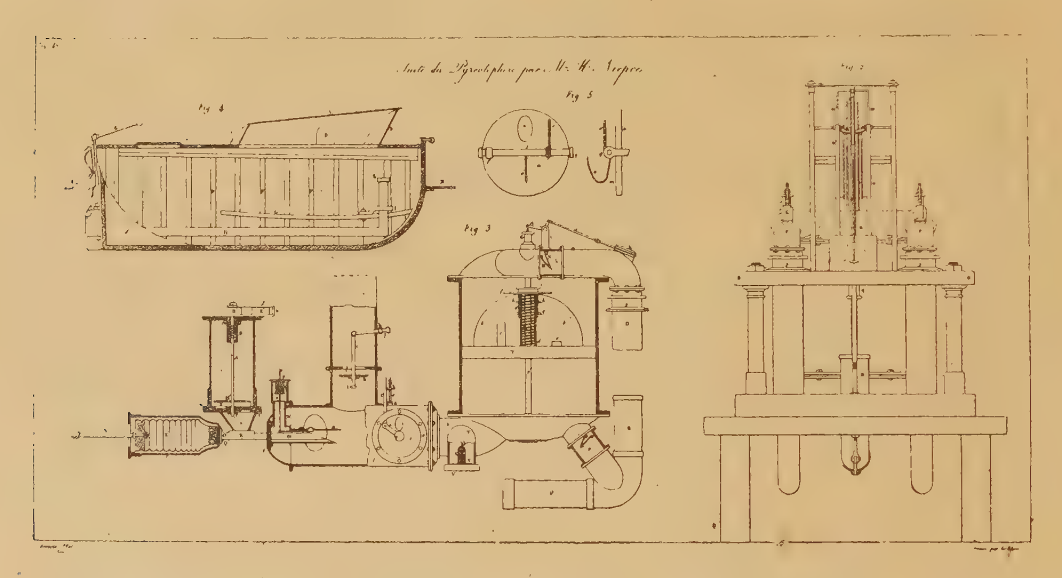


Fig. 3 : C, cylindre; j, chambre de combustion; y, tiroir d'allumage; I, soupape d'échappement; V, soupape d'aspiration; R, boîte d'injection; S, tiroir de distribution de combustible; t, réservoir de combustible pulvérisé; K, compresseur d'injection; Y, diaphragme; O, tuyautage d'évacuation à réaction. — Fig. 4 : Bateau; H, tuyaux de réaction.



Courbe relevée à l'indicateur sur la machine de Niepce.
Obtenue avec 10cg de poudre de lycopode.

De l'étude des moyens employés, il résulte, à notre avis, que l'on doit attribuer aux frères Niepce l'application des principes suivants :

1° L'emploi des combustibles pulvérulents dosés mécaniquement dans une boîte d'injection au moyen d'un distributeur rotatif;

2° L'injection du combustible dans une chambre de combustion à l'aide d'une chasse d'air comprimé ;

3° L'action directe de l'explosion sur un fluide agissant par réaction pour la propulsion d'un bateau ;

4° L'emploi d'accumulateurs d'énergie empruntant à la puissance de l'explosion ce qu'il faut pour actionner tous les auxiliaires nécessités par une machine à action directe.

Il y a lieu de remarquer que les paragraphes 1° et 2° montrent des antériorités manifestes aux brevets Diesel de 1892 et 1894 qui visaient l'usage de charbon pulvérisé, et que la chasse d'air comprimé constitue une véritable compression préalable. Si les frères Niepce ne l'ont pas forcée davantage, on peut penser que ce fut par crainte des dangers de rupture des pièces soumises à l'explosion. Les moyens d'exécution à cette époque ne permettaient pas, en effet, de faire des machines susceptibles de supporter de fortes pressions. Ils ont du reste essayé aussi le pétrole ; les résultats douteux obtenus sont attribués, dans une lettre de Claude à Nicephore, à l'insuffisance de compression du grand soufflet (compresseur d'injection).

Nous donnons ci-contre la reproduction d'une des planches qui sont annexées au brevet Niepce de 1808 ; le diagramme a été relevé sur la machine reconstituée.

Remarques au sujet de la Note précédente.

Après avoir présenté cette Communication et effectivement fait fonctionner le modèle réduit de la machine Niepce avec de la poudre de lycopode ou avec du charbon pulvérisé mélangé de résine, M. **Rateau** ajoute :

Pour l'histoire du développement des sciences appliquées et, en particulier, des origines des différentes sortes de moteurs employés aujourd'hui, il était bien utile de tirer la réalisation remarquable des frères Niepce de l'oubli immérité dans lequel elle était tombée.

Ainsi, à la gloire d'être le premier inventeur de la photographie et de l'héliogravure, Nicephore Niepce ajoute celle d'avoir, avec son frère Claude, créé, dès 1806, le moteur à explosion ; leur nom doit donc désormais être cité à ce propos avant même celui de Lenoir. Leur mérite est grand à divers points de vue. Ils sont, je pense, encore les seuls à nous avoir montré, par une machine ayant réellement fonctionné en donnant un effet utile, l'emploi

direct d'un combustible solide dans un cylindre moteur. Près d'un siècle plus tard, Diesel s'y est essayé, mais en vain.

Nous devons admirer aussi la perspicacité de ces inventeurs qui ont découvert le combustible idéal pour emploi dans les moteurs, cette poudre de lycopode, composée de spores très petites, de dimension régulière, qui brûlent rapidement sans laisser de résidu.

La récolte en est bien facile. S'il était possible, par le développement de la culture de la plante qui la donne, d'en obtenir de grandes quantités à un prix abordable, nous pourrions sans doute reprendre l'idée des Niepce, et, avec nos moyens actuels, réaliser d'excellents moteurs à explosion utilisant ce combustible pulvérulent.

HYDRODYNAMIQUE. — *Résistance à la marche de cylindres de révolution remorqués dans le sens perpendiculaire à leur axe.* Note de M. **Barrillon**, présentée par M. Laubeuf.

Quelques anomalies constatées dans la résistance à la marche de solides complètement immergés dans l'eau, en particulier l'observation de diminutions de résistance après introduction d'une discontinuité brusque dans la forme de leur surface, ont conduit à comparer la résistance à la marche de cylindres lisses et de cylindres striés suivant des génératrices. On sait que pour un cylindre lisse, la courbe des valeurs de $\frac{R}{V^2}$ en fonction de VD présente une discontinuité attribuable au passage d'un régime d'écoulement du fluide à un autre régime. Dans le cas des cylindres striés sur toute leur surface latérale, on a trouvé que cette discontinuité de la courbe des $\frac{R}{V^2}$ disparaissait. Il en est de même pour des cylindres présentant seulement deux stries latérales symétriques. Aux petites valeurs de VD la résistance d'un cylindre complètement ou partiellement strié peut ainsi être moindre que la résistance du cylindre lisse de mêmes dimensions. Aux grandes valeurs de VD la résistance des cylindres striés est plus grande que la résistance des cylindres lisses.

Dans cette étude, il a été constaté que les irrégularités des mesures étaient plus grandes que pour les mesures faites avec le même appareil et dans les mêmes conditions, sur des solides lisses de formes fines. La rigidité variable des systèmes de suspension pouvant être une cause d'irrégularité on a procédé à des essais dans lesquels un même cylindre pouvait être essayé

successivement à l'état lisse et avec deux stries. Les deux stries étaient incorporées à deux tiroirs tournants permettant d'alterner les essais sans stries et les essais avec stries, sans rien changer aux conditions de l'expérience.

Enfin il a été effectué des essais dans lesquels un frappeur actionné par un électro-aimant était enfermé à l'intérieur du cylindre. Pour les valeurs de VD inférieures à la valeur correspondant à la discontinuité de régime on constate que la résistance à la marche est beaucoup plus faible dans le cas où le frappeur est en action que dans le cas où le frappeur est maintenu au repos. On a opéré avec un cylindre de révolution en bois, verni extérieurement au tampon. Le diamètre est de 27^{cm}, la distance entre bases est de 60^{cm}. Pendant le remorquage, le cylindre est maintenu avec son axe vertical, la base supérieure étant à 32^{cm} au-dessous de la surface libre. On a exprimé les résistances R par la formule $R = KB^2V^2$ et terminé les valeurs de K suivantes :

	Frappeur en action.	Frappeur au repos.
VD = 0,23	16,8	36,0
VD = 0,24	16,8	35,9
VD = 0,25	16,7	35,6
VD = 0,26	16,6	35,3
VD = 0,27	16,5	34,7

Les expériences étaient faites dans de l'eau douce à 11°,8. La résistance à la marche peut donc être deux fois plus faible dans le cas du cylindre secoué par le frappeur que dans le cas du même cylindre sans frappeur.

L'état d'un solide se déplaçant dans une eau immobile produit donc un effet analogue à l'effet attribué à la turbulence de l'air dans les essais de soufflerie sur solide fixe. Pour une même valeur de la vitesse, l'agitation du solide permet de réaliser à volonté l'un ou l'autre des deux régimes d'écoulement.

ASTRONOMIE. — *Les amas sphériques. Le théorème des surfaces de niveau.* Note de M. **Lémeray**, présentée par M. L. Lecornu.

Les amas dont il s'agit sont les amas à densité moyenne constante. La théorie de la relativité permet de voir comment sont modifiés les résultats de la dynamique de Newton relatifs à ces systèmes.

L'élément de ligne qui leur convient est le suivant :

$$ds^2 = g_{11}\,dr^2 + g_{22}\,d\theta^2 + g_{33}\,d\varphi^2 + g_{44}\,c^2\,dt^2$$

avec

$$g_{44} = 1 + \frac{r^2}{a^2}, \quad g_{11} g_{44} = -1, \quad g_{22} = r^2, \quad g_{33} = r^2 \sin^2\theta;$$

r désigne un paramètre radial; a, une constante proportionnelle à la densité. D'après une Communication antérieure [1], la courbure scalaire G est constante et positive : $G = \frac{12}{a^2}$. Une erreur de copie s'étant glissée dans les valeurs des symboles à trois indices de seconde espèce, je donne à nouveau ces valeurs en posant $\frac{r^2}{a^2} = \alpha$, $\alpha' = \frac{d\alpha}{dr}$:

$$\left\{ \begin{matrix} 12 \\ 2 \end{matrix} \right\} = \left\{ \begin{matrix} 21 \\ 2 \end{matrix} \right\} = \left\{ \begin{matrix} 13 \\ 3 \end{matrix} \right\} = \left\{ \begin{matrix} 31 \\ 3 \end{matrix} \right\} = \frac{1}{r}, \qquad -\left\{ \begin{matrix} 11 \\ 1 \end{matrix} \right\} = \left\{ \begin{matrix} 14 \\ 4 \end{matrix} \right\} = \left\{ \begin{matrix} 41 \\ 1 \end{matrix} \right\} = \frac{1}{2} \frac{\alpha'}{1+\alpha},$$

$$\left\{ \begin{matrix} 44 \\ 1 \end{matrix} \right\} = \frac{1}{2} \alpha'(1+\alpha), \qquad \left\{ \begin{matrix} 32 \\ 3 \end{matrix} \right\} = \left\{ \begin{matrix} 23 \\ 3 \end{matrix} \right\} = \frac{\cos\theta}{\sin\theta}, \qquad \left\{ \begin{matrix} 22 \\ 1 \end{matrix} \right\} = -r(1+\alpha),$$

$$\left\{ \begin{matrix} 33 \\ 1 \end{matrix} \right\} = -r(1+\alpha)\sin^2\theta, \qquad \left\{ \begin{matrix} 33 \\ 2 \end{matrix} \right\} = -\sin\theta\cos\theta.$$

On peut faire $\theta = \frac{\pi}{2}$; $d\theta = 0$. (Si les dimensions de l'amas ne sont pas très grandes, on peut considérer r comme étant le rayon vecteur.)

En cherchant les conditions satisfaisant à la relation $\delta \int ds = 0$, on obtient les relations

$$r^2 \frac{d\varphi^2}{dt^2} = \frac{A^2 c^4}{B^2 r^2} \left(1 + \frac{r^2}{a^2}\right)^2, \qquad r^2 \frac{d\varphi^2}{dr^2} = \frac{A^2}{J}, \qquad J = \frac{B^2}{c^2} r^2 - \left(1 + \frac{r^2}{a^2}\right)(A^2 + r^2).$$

La première équation donne la loi du temps; la seconde fournit la trajectoire qui est une ellipse concentrique à la sphère limitant l'amas. A et B sont deux constantes arbitraires. On peut les remplacer par deux autres constantes R et R', distances apocentre et péricentre,

$$A = \frac{RR'}{a}, \qquad \frac{B^2}{c^2} = \left(1 + \frac{R^2}{a^2}\right)\left(1 + \frac{R'^2}{a^2}\right).$$

Si l'on prend la direction de R pour origine des angles, on peut mettre les équations finies sous les formes

$$\Theta r \sin\varphi = \sqrt{1 + \frac{R^2}{a^2}}\, R' \sin\frac{ct}{a}; \qquad \Theta r \cos\varphi = \sqrt{1 + \frac{R'^2}{a^2}}\, R \cos\frac{ct}{a};$$

$$\Theta^2 = \left(1 + \frac{R^2}{a^2}\right)\sin^2\frac{ct}{a} + \left(1 + \frac{R'^2}{a^2}\right)\cos^2\frac{ct}{a};$$

---

(1) E.-M. Lémeray, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 463.

qui permettent une comparaison immédiate avec les équations finies

$$r \sin\varphi = R' \sin\frac{ct}{a}; \qquad r\cos\varphi = R\cos\frac{ct}{a}$$

de Newton. La période est $T = \frac{2\pi a}{C}$ et a la même valeur que dans l'ancienne dynamique.

Surfaces isochrones. — Plusieurs mobiles partent simultanément d'un même point de paramètre R, avec des vitesses différentes et dans une même direction normale à la direction radiale. D'après la théorie newtonienne, ces mobiles se trouveront tous dans un même plan. Éliminant R'^2, on trouve des surfaces dont la méridienne est en coordonnées rectangulaires x, y :

$$x^2\left(a^2 + R^2\sin^2\frac{ct}{a}\right) = R^2(a^2+y^2)\cos^2\frac{ct}{a},$$

ce sont des hyperboloïdes de révolution à deux nappes, dans le cas considéré; leur face convexe est du côté du centre.

Une différence corrélative de cette dernière se manifeste. Dans la théorie de Newton, si deux mobiles décrivent l'un un cercle d'un mouvement uniforme, l'autre son diamètre, ce dernier, en passant au centre, a même vitesse que le premier; dans le cas einsteinien, la vitesse au centre est

$$v = \frac{cR}{a}\left(1 + \frac{R^2}{a^2}\right)^{-\frac{1}{2}}.$$

Cette vitesse est moindre. Cela se conçoit facilement; le mobile à mouvement diamétral prend, au début de son trajet, de l'avance sur l'autre; alors il n'est pas besoin qu'il ait, au centre, la même vitesse pour que la période soit la même.

Entre a et la densité moyenne ρ, on a la relation

$$\frac{4}{3}\pi\rho f a^2 = c^2 \qquad (f \text{ constante de Newton}).$$

Il est essentiel d'observer que tout ce qui vient d'être dit s'applique à la description faite par celui qui emploie les coordonnées r, θ, φ et t, c'est-à-dire qu'on parle des grandeurs théoriques au sens défini précédemment. Ces grandeurs auraient été qualifiées autrefois de réelles, absolues; si au contraire, on parle des grandeurs physiques observables, il faut faire la transformation nécessaire. La grandeur la plus importante est la vitesse.

Nous avons montré (¹) que, dans le cas du champ statique circumsolaire d'Einstein-Schwarzschild, si autour d'un point on mène des vecteurs proportionnels aux vitesses *observables localement* de divers mobiles ayant même constante d'énergie, mais passant dans des directions quelconques, le lieu des extrémités des vecteurs est une sphère tandis que pour les vitesses théoriques, on aurait un ellipsoïde.

Ce théorème n'est autre que celui des surfaces de niveau, applicable aux vitesses observables.

Or cette propriété s'applique encore rigoureusement au cas des amas qui vient d'être exposé. Elle est d'ailleurs d'application beaucoup plus générale.

Le fait que la solution newtonienne est tangente à celle qui vient d'être exposée confirme la validité de l'élément de ligne d'où nous sommes partis avec valeur positive de $\frac{r^2}{a^2}$ convenant à une densité et une courbure positives. D'un amas sphérique on ne peut conclure à l'univers considéré comme un tout suivant l'expression d'Einstein. Mais pour l'élément cosmique nous sommes parti (²) du même élément de ligne et à défaut d'autre preuve le résultat qui vient d'être obtenu confirmerait bien que $\frac{r^2}{a^2}$ doit être positif. Nous ne pouvons donc souscrire à l'hypothèse envisagée par de Sitter (³) et ceux qui s'en sont inspirés : car l'élément de ligne choisi par cet auteur diffère du précédent par une valeur négative de $\frac{r^2}{a^2}$.

PHYSIQUE CÉLESTE. — *Relation entre couleur et amplitude des étoiles variables et théorie balistique.* Note de M. **La Rosa**, présentée par M. Émile Borel.

MM. Ch. Nordmann et C. Le Morvan (⁴) ont attiré l'attention des savants sur un fait qui, à leur avis, serait incompatible — ou du moins inexplicable — avec ma théorie des étoiles variables, déduite du postulat de Ritz, au sujet de la vitesse de la lumière.

Ils rappellent que les variations de l'intensité lumineuse de certaines

(¹) Em. Lémeray, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1146.
(²) *Loc. cit.*
(³) Eddington, *The mathematical Theory of Relativity;* Cambridge, 1923, p. 155.
(⁴) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1139.

étoiles n'ont pas la même amplitude dans toutes les régions du spectre. Ainsi β Lyræ présente les changements suivants dans sa grandeur apparente : 0,66 dans le rouge; 0,94 dans le vert; 1,34 dans le bleu. Le changement de grandeur de δ Cephei présente la même allure. Et ils ajoutent : « Si la fluctuation lumineuse des étoiles à variation continue était due au mécanisme qu'invoque M. La Rosa, l'amplitude de la variation serait nécessairement la même dans toutes les régions du spectre lumineux. »

Je vais montrer qu'en tenant compte de tous les éléments, ma théorie explique ces faits intéressants de la manière la plus naturelle, tandis que je serais bien embarrassé d'en donner autrement une explication, par exemple par la théorie des occultations.

En effet, ma théorie suppose en premier lieu que toutes les variables doivent être des étoiles doubles (ou plus généralement multiples) [1] et par conséquent il faut porter en ligne de compte soit la lumière émise par l'étoile tournante, le compagnon, soit la lumière émise par l'étoile principale.

Négligeant les fluctuations lumineuses que cette étoile peut donner à cause de son petit mouvement, et appelant I_r, I_v, I_b les intensités constantes du rayonnement rouge, vert, bleu envoyé par cet astre et i_r, i_v, i_b les intensités correspondantes données par le compagnon au moment du minimum, les changements du total de la lumière (des deux étoiles) nous seront donnés par les rapports

$$\frac{I_r + m i_r}{I_r + i_r}; \quad \frac{I_v + m i_v}{I_v + i_v}; \quad \frac{I_b + m i_b}{I_b + i_b}, \tag{1}$$

où m est l'amplitude de la variation de la lumière due au mouvement du compagnon et doit être *constante dans toute l'étendue du spectre*.

Ces rapports (1) seront en général différents; ils peuvent devenir égaux seulement dans le cas où

$$\frac{I_r}{i_r} = \frac{I_v}{i_v} = \frac{I_b}{i_b},$$

c'est-à-dire dans le cas où les deux étoiles auraient des *distributions spectrales* semblables, et ce cas là est très improbable, car il exige que l'étoile centrale et son compagnon aient *la même température*.

---

(1) Cette hypothèse, dans le cas des variables dont il s'agit ici est une donnée des observations. Pour les variables à longue période, elle a reçu, tout récemment, une très belle confirmation par la découverte d'un compagnon de « Mira Ceti » faite à l'Observatoire de Mount Wilson.

En général, selon ma théorie, le rapport entre le maximum et le minimum de la grandeur apparente d'une variable dépendra donc de la couleur de la lumière utilisée pour les observations, ou plus exactement il sera une fonction de la fréquence de cette lumière.

Les considérations ci-dessus nous conduisent aussi à prévoir que les mêmes « variables » doivent nous présenter des changements périodiques dans la loi de répartition de l'énergie rayonnante dans le spectre. Voilà donc qu'il nous est permis, de cette façon, d'expliquer les changements du spectre qui, comme on l'a observé, accompagnent, pour certaines variables, les changements de l'intensité lumineuse.

Enfin je puis affirmer que le fait signalé par MM. Nordmann et Le Morvan, et celui du changement du spectre (1) viennent s'ajouter aux autres preuves de ma théorie, c'est-à-dire aux autres faits sur les « variables » déjà si nombreuses dont ma théorie donne une explication très simple et très naturelle (2).

Ces faits sont des preuves très solides du postulat balistique et lui donnent droit à l'attentive considération des cercles scientifiques.

PHYSIQUE. — *Détermination du coefficient de viscosité de l'eau en valeur absolue.* Note (3) de M. **Le Roux**, présentée par M. Brillouin.

J'ai entrepris de déterminer le coefficient de viscosité de l'eau *en valeur absolue* et aussi exactement que possible entre 0 et 50°.

Dans l'espoir d'obtenir une précision supérieure à celle donnée par le tube de Poiscuille, j'ai choisi pour ces mesures la méthode du cylindre malgré les difficultés pratiques que présente sa réalisation, difficultés qu'il est possible de surmonter.

L'appareil que j'employais a été entièrement construit par moi, j'en ai soigneusement vérifié toutes les pièces au cours de la construction et après achèvement.

---

(1) L'étude des changements périodiques de l'intensité lumineuse dans les diverses régions du spectre pourra nous conduire à la connaissance des températures des deux astres. C'est pourquoi la découverte de M. Nordmann me semble destinée à d'intéressantes applications.

(2) J'aime à rappeler qu'aux autres confirmations de ma théorie il faut ajouter la découverte des changements périodiques de la vitesse radiale de Mira.

(3) Séance du 12 janvier 1925.

Cet appareil avait comme dimension :

Diamètre du cylindre tournant	6cm environ
Diamètre du cylindre suspendu....................	5 »
Hauteur du cylindre suspendu......................	5 »

Ces dimensions ont été mesurées avec une précision dépassant le $\frac{1}{100}$ de millimètre à l'aide d'une machine à diviser convenablement étalonnée.

La vitesse de rotation du cylindre tournant était de deux tours à la minute environ, elle était mesurée très exactement par inscription sur la bande d'un télégraphe Morse modifié dans ce but et qui inscrivait en même temps le mouvement d'un pendule donnant la seconde et le mouvement du cylindre tournant.

La concentricité des cylindres de garde et du cylindre tournant était réalisée par le mode de construction adopté.

Le centrage du cylindre suspendu était obtenu avec toute la précision désirable par un dispositif particulier fixé sur la tête de l'instrument [1].

L'uniformité de la température était assurée par un thermostat dont j'ai vérifié l'efficacité.

Les diverses mesures rapportées au mètre étalon, à la seconde, au gramme et à l'échelle normale de température ont été spécialement contrôlées.

Les nombres qui conduisent à η et les valeurs de η sont des moyennes d'expériences nombreuses faites dans des conditions différentes et à des époques très éloignées les unes des autres.

De toutes les constantes, la plus imparfaitement connue, le moment d'inertie du cylindre suspendu est encore probablement exacte à moins de $\frac{1}{500}$ près.

Le tableau suivant résume les résultats obtenus [2] :

θ.	η.	θ.	η.
0..............	0,0178	30..............	$0,0082_0$
5..............	$0,0151_2$	35..............	$0,0074_0$
10..............	$0,0130_5$	40..............	$0,0067_5$
15..............	$0,0114_8$	45..............	$0,0061_7$
20..............	$0,0101_8$	50..............	0,0057
25..............	$0,0091_0$		

---

(1) La construction et les réglages seront décrits dans un Mémoire détaillé.

(2) Les valeurs de η à 0 et 50 sont obtenues par extrapolation, la première mesure ayant été faite à 1°,4 et la dernière à 45° environ. Pour les autres valeurs de η, le dernier chiffre est donné à titre d'indication.

Ces résultats sont en bon accord avec ceux de Thorpe et Rodger [1] obtenus par la méthode de Poiseuille mais sont certainement exacts à $\frac{1}{200}$, précision supérieure à celle obtenue par ces auteurs.

Il m'a été impossible de constater aucune anomalie de la viscosité au voisinage de 4°.

Enfin j'ai vérifié que la vitesse de rotation était sans influence sur la viscosité, en faisant des mesures à température constante avec des vitesses de rotation variables, et en ayant soin d'ailleurs de rester toujours très loin du régime tourbillonnaire : dans les limites de température où j'ai opéré, la viscosité de l'eau est restée indépendante de la vitesse à moins de $\frac{1}{200}$ près; avec cette approximation, on peut donc affirmer que l'eau ne possède pas de rigidité.

ÉLECTRICITÉ. — *Étude à pression réduite du rayonnement émis par des corps très résistants que traverse un courant électrique.* Note de M. G. **Reboul**, présentée par M. A. Cotton.

J'ai indiqué précédemment qu'un conducteur très résistant et de constitution hétérogène émet, quand un courant électrique le traverse, des radiations très absorbables. Les expériences avaient été faites dans l'air à la pression ordinaire [2]; elles ont été reprises à pression réduite dans l'air, le gaz carbonique et l'hydrogène : elles ont pour objet la mesure des coefficients d'absorption, par ces divers gaz, des radiations émises par nos cellules à rayonnement [3]; cette mesure a été faite de deux manières.

I. Soit I_0 l'intensité totale du rayonnement émis par la cellule; après avoir traversé une couche de gaz d'épaisseur a et à la pression p l'intensité prend la valeur I telle que

$$I = I_0 e^{-\mu a p},$$

μ étant le coefficient d'absorption; pour avoir ce coefficient il suffit donc de mesurer les valeurs de I sous deux pressions différentes mais voisines.

Après avoir traversé la couche de gaz d'épaisseur a le rayonnement

---

(1) Thorpe et Rodger, *Philos. Trans. Roy. Soc. London*, 185, Part II, A, 1894, p. 397 à 710.

(2) G. Reboul, *Journal de Physique*, 6e série, 3, n° 1, janvier 1922, p. 20; n° 10, octobre 1922, p. 341.

(3) G. Reboul et E. Bodin, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 37.

pénètre dans une chambre d'ionisation; si l'on admet que l'énergie du rayonnement absorbé sert toute entière à ioniser le gaz, des mesures de courants d'ionisation donnent des nombres proportionnels aux intensités I et la valeur du coefficient μ s'en déduit facilement.

Les valeurs ainsi trouvées varient peu avec la constitution chimique de la cellule, mais d'une manière considérable avec la pression de l'atmosphère gazeuse qui l'environne.

Voici, à titre d'exemple, les coefficients d'absorption obtenus dans l'air à pressions diverses avec une cellule à oxyde de mercure; la tension aux bornes était de 680 volts dans le cas des pressions les plus élevées et de 500 volts dans celui des pressions plus basses. La distance séparant la cellule de la chambre d'ionisation était $4^{mm},3$.

Coefficients d'absorption par l'air (centimètre-atmosphère).	Pression (centimètres de mercure).
20	70
25	60
37	45
58	34
84	21
116	12
174	6

Ces résultats montrent que le rayonnement émis est formé par des radiations de longueurs d'ondes différentes comme celles d'un spectre continu ou d'un spectre de bandes; aux diverses radiations correspondent des coefficients d'absorption différents. Si la pression est relativement élevée les radiations les moins pénétrantes sont absorbées par la couche d'air *a* qui se trouve entre la cellule et la chambre d'ionisation, elles ne pénètrent donc pas dans celle-ci et l'on ne mesure que le coefficient d'absorption des radiations les plus pénétrantes. Quand la pression diminue, la distance à laquelle les radiations plus absorbables étendent leur action, augmente; elles peuvent à leur tour pénétrer dans la chambre d'ionisation et les valeurs obtenues pour les coefficients d'absorption sont plus grandes.

Si l'on fait croître l'épaisseur *a* de la couche gazeuse qui sépare la cellule de la chambre d'ionisation, les radiations les plus absorbables atteignent plus difficilement la chambre d'ionisation; aussi l'expérience donne-t-elle des valeurs du coefficient d'absorption de plus en plus faibles à mesure que *a* augmente, les autres conditions restant naturellement les mêmes.

Si l'on augmente la tension aux électrodes de la cellule, on trouve, dans

les mêmes conditions, que les valeurs des coefficients d'absorption diminuent, d'ailleurs faiblement, mais d'une manière suffisamment nette pour qu'on puisse en conclure que l'augmentation de la tension aux bornes de la cellule fait apparaître des radiations plus pénétrantes.

II. Les coefficients d'absorption ont été aussi mesurés en opérant à pression constante et en faisant varier l'épaisseur b des couches gazeuses soumises au rayonnement dans la chambre d'ionisation.

Soit I_∞ l'intensité du rayonnement à son entrée dans la couche de gaz absorbant, son intensité à la sortie est égale à $I_\infty\, e^{-\mu b p}$ de sorte que la quantité absorbée correspond à I telle que

$$I = I_\infty (1 - e^{-\mu b p}).$$

La mesure du courant d'ionisation donne des valeurs proportionnelles à l'énergie absorbée, par conséquent à I; il suffit donc de faire deux mesures pour des épaisseurs b différentes, l'on en déduit la valeur de μ à la pression p correspondante.

Les valeurs ainsi trouvées pour les coefficients d'absorption augmentent quand la pression diminue, elles diminuent légèrement quand la tension à la cellule croît et sont d'autant plus petites que les couches b sont plus épaisses ou plus éloignées de la cellule.

Cette dernière méthode donne en général pour μ des valeurs plus petites que celles que l'on obtient avec la première; il faut remarquer que la première méthode permet d'atteindre plus facilement des radiations qui restent confinées dans le voisinage de la cellule, tandis que la deuxième fait intervenir l'action des radiations plus pénétrantes.

III. Dans les conditions où nous avons opéré, le rayonnement émis est formé de radiations dont les coefficients d'absorption par l'air sont de 8 ou 9 pour les plus pénétrantes et peuvent s'élever jusqu'à 500 pour les plus absorbables.

Les expériences faites avec l'hydrogène et le gaz carbonique amènent à conclusions analogues.

Si l'on compare les résultats obtenus dans l'air et l'hydrogène et ceux qu'ont donnés de nouvelles mesures faites avec le celluloïd, aux valeurs trouvées par M. Holweck (1), on est amené à conclure que les radiations émises par les corps résistants forment un spectre continu et que leurs longueurs d'onde s'échelonnent de quelques centaines à une vingtaine d'Angs-

---

(1) Holweck, *Thèse de doctorat*, Paris, 1922.

tröms; ce spectre s'étend vers les radiations de courte longueur d'onde quand la tension aux bornes de la cellule augmente.

Ces conclusions sont confirmées par une série d'expériences d'un ordre différent.

MAGNÉTISME. — *Les divers états magnétiques d'un ion.* Note de M. G. **Foëx**, présentée par M. A. Cotton.

Les faits résumés ci-dessous montrent que deux échantillons d'un sel bien défini au point de vue chimique, placés dans des conditions identiques, peuvent présenter des propriétés magnétiques très différentes paraissant correspondre à des structures distinctes de l'ion paramagnétique qu'ils renferment.

Cette diversité des états magnétiques, déjà connue dans le cas des sels dissous [1], n'a pas encore été signalée de façon explicite pour des sels cristallisés.

I. Dans les solutions concentrées de sulfate ferreux ammoniacal (sel de Mohr), étudiées à l'abri de l'air, l'ion $Fe^{\cdot\cdot}$ peut prendre l'un des quatre états magnétiques suivants :

26 magnétons avec un champ moléculaire positif;

26,5 avec un champ moléculaire sensiblement nul;

27 et 27,5 avec un champ moléculaire négatif.

Les mesures permettent de répondre du dixième de magnéton.

Des expériences effectuées en 1913 sur le même sel à l'état solide, cristallisé avec $6H^2O$, m'avaient mis en présence de la variété à 26 magnétons.

Elle possède un champ moléculaire positif comme en solution, mais plus intense; une anomalie cryomagnétique importante se manifeste au-dessous de 100° abs. par une croissance du coefficient d'aimantation d'abord plus lente et ensuite plus rapide que ne l'exige la loi $\chi(T-\theta)=C$.

Dans deux séries d'observations indépendantes sur le sel à $6H^2O$, Kamerlingh Onnes et Oosterhuis [2] d'une part, Jackson [3] d'autre part, ont rencontré la variété à 27,5. Leurs résultats sont très concordants : à l'état solide cette variété ne possède plus qu'un champ moléculaire extrême-

---

(1) G. Foëx, *Ann. de Phys.*, 9e série, 16, 1921, p. 174.

(2) Résultats publiés par Jackson (*Phil. Trans. Roy. Soc.*, série A, 224, 1923, p. 1).

(3) L.-C. Jackson, *Phil. Trans.*, série A, 224, 1923, p. 1.

ment faible, l'anomalie cryomagnétique a disparu, la loi $\chi(T-\theta)=C$ s'applique jusqu'à 14° abs.

Les anomalies cryomagnétiques, dans le cas d'une poudre cristalline, sont dues à l'existence simultanée d'un champ moléculaire anisotrope et d'actions cristallines qui tendent à maintenir les atomes orientés par rapport au réseau ([1]).

L'existence du champ moléculaire et celle de l'anomalie dans le sel à 26 sont donc deux faits connexes qui, observés tous deux dans cette variété, la distinguent de l'autre (à 27,5) de façon beaucoup plus complète que ne pourraient le faire de simples différences numériques entre les valeurs des moments.

II. Le sulfate de cobalt anhydre obtenu par déshydratation à chaud du sulfate hydraté, présente, lui aussi, au moins deux variétés magnétiques.

Le sulfate étudié par Théodoridès ([2]) entre la température ordinaire et 550°, possède 25 magnétons avec un champ moléculaire négatif. Aux basses températures le sel à 25 a été observé par Ishiwara ([3]) et par Jackson ([4]) dont les mesures sont concordantes. L'existence du sel à 25 ne peut donc faire aucun doute.

Honda et Ishiwara ([5]) ont rencontré, dans le même intervalle de température que Théodoridès, une variété à 24 magnétons avec un champ moléculaire positif très faible. A l'appui de l'existence de cette variété à 24, on peut citer encore une valeur numérique du coefficient d'aimantation déterminée à température ordinaire par Weiss et Foëx ([6]). Cette valeur

$$\chi = 58,6.10^{-6} \quad \text{à } 20°,$$

relative à une température unique, ne permet pas le calcul du nombre de magnétons; mais sa comparaison avec le nombre correspondant obtenu par Théodoridès (dont les mesures absolues sont assez sûres) :

$$\chi = 63,2.10^{-6} \quad \text{à } 20°,$$

([1]) Ce système d'explication, publié en 1921 (G. Foëx, *loc. cit.*), s'est trouvé entièrement d'accord dans ses conséquences avec les résultats expérimentaux obtenus plus tard par Jackson aussi bien pour les cristaux orientés que pour les poudres isotropes par compensation.

([2]) P. Théodoridès, *J. de Phys.*, 6e série, 3, 1922, p. 1.

([3]) T. Ishiwara, *Sc. Rep. Tohoku Imp. Univ.*, 3, 1914, p. 303.

([4]) Jackson, *loc. cit.*

([5]) *Sc. Rep. Tohoku Imp. Univ.*, 4, 1915, p. 215.

([6]) P. Weiss et G. Foëx, *J. de Phys.*, 5e série, 1, 1911, p. 274.

permet d'affirmer qu'il s'agit bien de deux états magnétiques distincts. L'écart des deux nombres est en effet trop grand pour pouvoir être attribué à des erreurs d'expérience ou à des impuretés contenues dans le sel.

Ne sachant pas reproduire à volonté l'un ou l'autre état magnétique du sel on n'a pas pu jusqu'ici rechercher de façon efficace si le changement des propriétés magnétiques entraîne des variations dans d'autres propriétés physiques. Une indication dans ce sens est fournie par le fait que plusieurs sels de fer, nickel, cobalt, n'ont, en solution alcoolique, ni les mêmes propriétés magnétiques ([1]), ni le même spectre d'absorption ([2]) qu'en solution aqueuse.

Les divers états magnétiques d'un sel solide diffèrent à la fois par la grandeur du moment atomique et par la valeur ou même le signe de la constante n du champ moléculaire. Le mécanisme qui donne naissance au champ moléculaire paraît donc lié à celui qui produit le moment atomique.

POUVOIR ROTATOIRE. — *Action de l'acide borique sur le pouvoir rotatoire de l'acide malique et des malates.* Note de M. E. **Darmois**, présentée par M. A. Cotton.

L'action exercée par l'acide borique sur le pouvoir rotatoire de l'acide tartrique a été découverte par Biot en 1835. Dans une série de recherches qui s'étendent sur une période de plus de 20 années (1835-1860), le célèbre physicien a essayé d'élucider les phénomènes dont les systèmes ternaires eau-acide borique-acide tartrique sont le siège. Il signale que Pasteur a observé une action de l'acide borique sur l'acide malique; les recherches de Pasteur sur ce sujet n'ont jamais été publiées. Biot reconnut que les combinaisons devaient se faire d'une façon variable avec la concentration (influence des masses et hydrolyse); il supposa toutefois des combinaisons avec le dissolvant; l'idée, aujourd'hui classique, d'équilibres en milieu homogène, n'était pas encore familière aux physiciens de cette époque.

Grossmann et Wieneke ([3]) ont repris plus tard les expériences de Biot en étudiant, pour la raie D et à diverses températures, l'activité optique de

---

([1]) Qartaroli, *Gazz. chim. ital.*, 2e série, 44, 1914, p. 43.

([2]) Jones, *Hydrates in aqueous solutions*, *Carnegie Institution Publication* n° 60, 1900, p. 248, pl. 27.

([3]) *Zeits. f physik. Chem.*, 54, 1906, p. 385.

mélanges, en proportions moléculaires variables : 1° des acides tartrique et borique; 2° du tartrate acide de sodium et de l'acide borique; 3° de l'acide malique et du malate d'ammonium avec l'acide borique. Ils concluent à l'existence d'acides complexes monotartroborique, monomaloborique et peut-être ditartroborique. Ces complexes n'ont pas été isolés. La conclusion des auteurs ne résulte pas directement de leurs mesures, mais plutôt de la conviction que l'acide borique est analogue à l'acide antimonieux qui donne, comme on sait, un monotartroantimonite de potassium bien défini (émétique) [1]. Il m'a semblé que la question méritait d'être reprise par les méthodes que j'ai appliquées à l'étude des complexes de l'acide molybdique et de l'acide malique. La présente Note contient quelques-uns des résultats obtenus pour les mélanges d'acide borique et d'acide malique.

On prépare une série de mélanges $C^4H^6O^5 + n\,BO^3H^3$ où n a pris les valeurs 0, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{2}$, 1, 2, 4, 5, 8. On étudie ensuite la neutralisation d'un de ces mélanges par NH^3 ou $NaOH$ en mesurant l'activité optique des solutions contenant, dans le même volume, une quantité donnée du mélange acide et une quantité variable de base. Les mesures ont été faites pour les trois radiations du mercure : jaune (5780), verte (5461), indigo (4358). Dans les tableaux suivants nous donnons quelques nombres ainsi obtenus pour l'ammoniaque. α_1 désigne la rotation (sous 2 ou 4^{dm}) pour la raie indigo. La concentration est $\frac{1}{2}$ ou $\frac{1}{8}$ moléculaire en acide malique. x désigne le quotient du nombre des molécules de base par le nombre des molécules d'acide malique et ρ le rapport de dispersion $\frac{\alpha_{4358}}{\alpha_{5780}}$. Enfin $[\alpha]_1$ est le pouvoir rotatoire spécifique, calculé dans l'hypothèse où il se forme un composé dont le poids est égal à la somme des poids des corps mis en solution.

$n = 0$ (Acide malique pur). Concentration $\frac{M}{2}$. $\alpha_2 dm$.

x	0	0,28	0,56	0,84	1,0	1,25	1,57	1,78	2,10	3,14
α_1	—0,24	—0,64	— 1,05	— 1,48	— 1,70	— 1,95	— 2,08	— 2,11	— 2,12	— 2,11
$(\alpha)_1$	—1,83	—4,70	— 7,48	— 9,46	—10,75	—11,9	—12,3	—12,3	—11,9	—10,7
ρ	0,775	1,165	1,36	1,395	1,48	1,46	1,43	1,40	1,39	1,40

$n = \frac{1}{3}$. Concentration $\frac{M}{2}$. $\alpha_2 dm$.

α	0	0,235	0,47	0,705	1,175	1,645	2,115	2,35	2,82	"
α_1	—0,88	—1,44	— 1,99	— 2,21	— 2,59	— 2,23	— 1,07	— 1,17	— 1,34	"
$(\alpha)_1$	—5,70	—9,10	—12,3	—13,3	—14,85	—12,2	— 5,72	— 6,02	— 6,62	"
ρ	1,42	1,62	1,70	1,66	1,63	1,47	1,115	1,125	1,185	"

(1) Une bibliographie plus complète paraîtra ailleurs.

$n = 1$. Concentration $\frac{M}{2}$. $\alpha_2\, dm$.

x	0	0,235	0,47	0,94	1,284	1,50	1,88	2,115	2,35	2,82
α_1	−1,09	−1,72	−2,34	−2,76	−2,34	−1,86	−0,18	+0,38	−0,22	−0,61
$(\alpha)_1$	−5,56	−8,6	−11,5	−13,0	−10,7	−8,4	−0,81	+1,64	−0,93	−2,50
ρ	1,47	1,70	1,80	1,745	1,67	1,49	0,46	″	0,43	0,90

$n = 2$. Concentration $\frac{M}{2}$. $\alpha_2\, dm$.

x	0	0,235	0,47	0,94	1,175	1,41	1,88	2,115	2,35	2,82
α_1	−1,31	−1,86	−2,33	−2,65	−2,42	−1,93	+0,17	+1,00	+0,55	−0,06
$(\alpha)_1$	−5,05	−7,1	−8,75	−9,70	−8,72	−6,85	+0,59	+3,40	+1,85	−0,20
ρ	1,55	1,705	1,79	1,765	1,68	1,58	″	5,25	″	0,14

$n = 4$. Concentration $\frac{M}{8}$. $\alpha_2\, dm$.

x	0	0,505	0,83	1,01	1,34	1,56	1,70	2,01	2,35	2,74	3,36
α_1	−0,40	−1,06	−1,10	−0,92	−0,62	−0,19	+0,26	+0,87	+0,69	+0,45	+0,13
$(\alpha)_1$	−2,10	−5,42	−5,52	−4,6	−3,87	−0,95	+1,26	+4,23	+3,26	+2,10	+0,6
ρ	1,43	1,82	1,72	1,67	1,44	0,865	″	3,00	3,63	11,25	″

L'inspection des nombres de ces tableaux montre nettement l'existence de complexes lévogyres et dextrogyres. Les premiers sont stables dans les solutions nettement acides; leur stabilité augmente (croissance de la rotation brute) quand on augmente la proportion d'acide borique; l'hydrolyse diminue. Les valeurs calculées pour $[\alpha]_1$ montrent que le maximum de pouvoir rotatoire est atteint pour n compris entre $\frac{1}{3}$ et $\frac{1}{2}$ et $x = 1$.

Ces composés se présenteraient comme des combinaisons du malate acide d'ammonium avec $\frac{1}{2}$ ou $\frac{1}{3}$ de molécule d'acide borique. Leur dispersion rotatoire est voisine de 1,80.

Les courbes de α en fonction de x présentent, jusqu'à $n = 4$, un point anguleux pour $x = 2$. Les composés dextrogyres seraient donc des combinaisons du malate neutre d'ammonium avec au moins 4 molécules d'acide borique. La dispersion rotatoire minima observée est de l'ordre de 3, ce qui indique nettement que les complexes droits sont fortement hydrolysés avec formation de malate d'Am. Les mesures pour $n > 4$, effectuées avec la soude, montrent que le point anguleux de la partie dextrogyre se produit pour $x > 2$. En rapprochant ce fait de ceux observés pour l'acide molybdique, on en déduit que les composés droits doivent correspondre à $n = 4$, soit à la combinaison d'une molécule de borax avec une d'acide malique. On peut vérifier directement que le borax ajouté en proportions

croissantes à l'acide malique, donne des rotations d'abord gauches, puis droites.

Des essais d'isolement des complexes ainsi prévus sont en cours; ils m'ont déjà permis de préparer les sels lévogyres d'ammonium, de sodium et d'aniline. Ces composés, bien cristallisés, seront décrits ailleurs. La préparation des complexes dextrogyres paraît plus difficile, ces composés n'étant stables que dans des conditions données de concentration.

PHOTO-ÉLECTRICITÉ. — *Microphotomètre enregistreur à cellule photo-électrique.* Note de MM. **P. Lambert** et **D. Chalonge**, présentée par M. A. Cotton.

On ne peut employer à des mesures photométriques précises une cellule photo-électrique dont on amplifie le courant avec une lampe à 3 ou

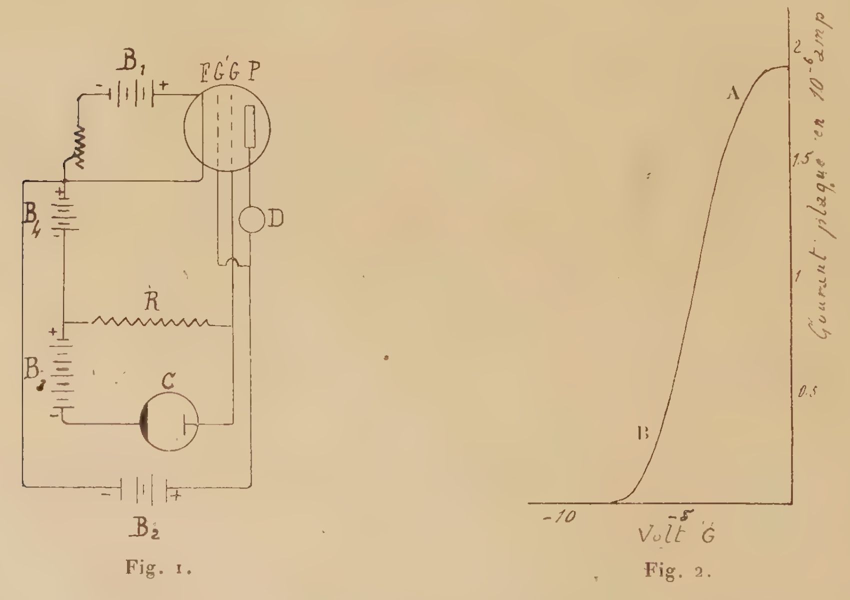


Fig. 1. Fig. 2.

à 4 électrodes qu'à condition de prendre des précautions spéciales. En effet le courant filament-plaque n'est généralement pas assez stable et ses variations ne sont pas proportionnelles à celles du faisceau lumineux qui tombe sur la cellule. Nous sommes parvenus à réaliser ces deux conditions de stabilité et de proportionnalité en apportant quelques modifications au dispositif de MM. Ferrié, Jouaust et Mesny [1].

[1] *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1117.

Le montage que nous employons est représenté schématiquement sur la figure 1. Pour que le courant filament-plaque soit stable il faut que la tension plaque et le courant de chauffage restent faibles. Nous avons adopté la lampe à deux grilles afin de pouvoir abaisser le plus possible la tension plaque. La grille intérieure G′ et la plaque P sont portées au potentiel commun de 13 volts par la batterie B_2. Le courant de chauffage du filament, qui est produit par une batterie B_1 de grande capacité, ne dépasse pas 0,22 ampères.

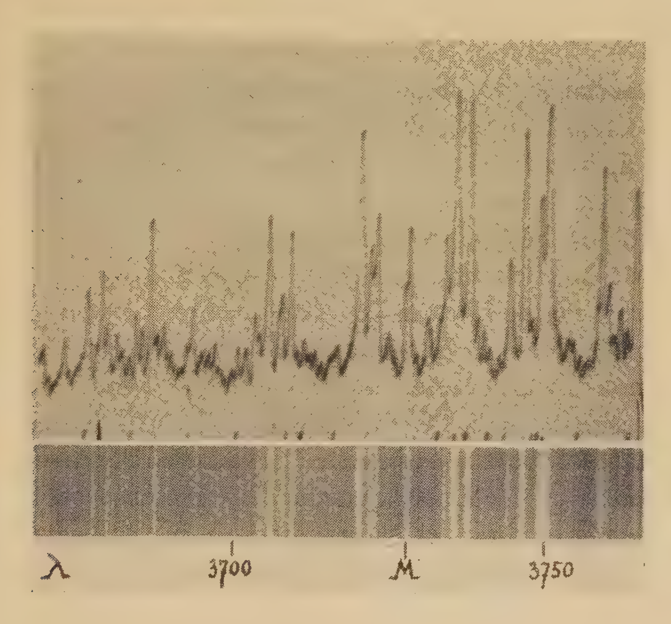


Fig. 3.

La partie rectiligne AB (*fig.* 2) de la caractéristique du courant filament-plaque de la lampe fonctionnant sous ce régime, correspond tout entière à des voltages négatifs de la grille extérieure G. Il est nécessaire d'utiliser cette partie de la courbe pour qu'il y ait proportionnalité entre le courant filament-plaque et celui de la cellule. Pour arriver à ce résultat nous faisons varier le potentiel de la grille G de la façon suivante : nous fermons le circuit de la cellule qui comprend une batterie de 120 volts B_3 sur une très grande résistance R (200 mégohms environ) et nous intercalons entre F et G cette résistance et une pile B_4 qui abaisse le potentiel de l'origine de la résistance. Dans ces conditions, lorsque l'éclairage augmente peu à peu à partir de zéro, le point figuratif (*fig.* 2) part de A et descend la partie

rectiligne de la courbe. La résistance R est réglée de telle sorte qu'il arrive en B lorsque l'éclairage que l'on doit utiliser est maximum. Le courant filament-plaque est mesuré par le galavanomètre D (Chauvin et Arnoux, modèle ordinaire).

Cet amplificateur s'est montré d'une fidélité et d'une commodité d'emploi suffisantes pour pouvoir être utilisé dans un microphotomètre enregistreur dont nous avons construit un premier modèle. L'image brillamment éclairée d'une fente fine est projetée sur un cliché du spectre à étudier, et ce cliché se déplace d'un mouvement de translation perpendiculairement au faisceau lumineux de façon que ses différents points soient successivement éclairés. La lumière qui le traverse est concentrée sur la cathode de la cellule. Le spot du galvanomètre se forme sur une feuille de papier photographique (ou sur une plaque), qui se déplace perpendiculairement au mouvement du spot. Le déplacement de la feuille est proportionnel à celui du cliché (huit fois plus rapide).

Pour juger du bon fonctionnement de l'appareil, nous avons étudié un coin photométrique et nous avons constaté que le courant amplifié était sensiblement proportionnel à l'intensité lumineuse. En collaboration avec M. Déjardin, nous avons étudié ensuite un cliché du spectre ultraviolet du Soleil, fait, en août 1924, à l'Observatoire Vallot. La figure 3 représente l'enregistrement d'une partie de ce cliché : Ses particularités se trouvent fidèlement reproduites sur la courbe. Pour faciliter la comparaison, une photographie de cette région du spectre agrandie huit fois a été placée au-dessous de la courbe.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action de l'ammoniac sur la cyanamide.* Note de M. A. **Couder**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

I. Au cours d'une étude sur les réactions de la cyanamide (CN^2H^2) en solution dans l'ammoniac liquide, j'ai observé le fait suivant. Si l'on fait passer, à la température ordinaire, un courant de gaz ammoniac sec sur des cristaux de cyanamide, le gaz est énergiquement absorbé avec dégagement de chaleur. On obtient un produit liquide, incolore ou très légèrement jaune.

On peut supposer qu'il se forme une combinaison définie, cyanamide d'ammonium ou ammoniacale. L'analyse thermique du système permettrait une conclusion nette, mais son application ici paraît très difficile, le produit

ne pouvant être manipulé qu'en tube scellé. Aussi bien cette méthode ne se prêterait-elle pas aux mesures rapides qui sont ici nécessaires.

II. Le système, en effet, évolue en fonction du temps. Si on l'enferme dans des tubes scellés munis de manomètres à air comprimé et maintenus à une température constante (0°), on voit la pression croître et tendre asymptotiquement vers une valeur limite, deux ou trois fois supérieure à sa valeur initiale, qui est pratiquement atteinte après un temps de l'ordre de 20 jours.

Au terme de son évolution, le système est constitué dans le cas le plus général par trois phases : des cristaux de dicyandiamide ; une solution saturée de dicyandiamide dans l'ammoniac liquide ; enfin une atmosphère de gaz ammoniac.

III. En raison de la lenteur de cette transformation, il est possible, à la condition d'opérer rapidement, d'étudier les variations de l'état initial du système en fonction de la température et de la pression. Le tableau suivant indique la température t à laquelle un mélange de composition m donnée (en pour 100 de NH^3) a pour tension de dissociation 1^{atm}.

m...	20.	25.	30.	35.	40.	45.	50.	60.	100.
t...	+34°,5	+24°,7	+15°,1	+6°,2	−2°,3	−10°,7	−16°,6	−24°,3	−33°,6

En cherchant la loi de variation de la pression d'ammoniac en fonction de la température pour plusieurs mélanges de composition déterminée, j'ai obtenu un réseau de courbes qui ne m'a paru offrir aucune singularité.

IV. J'ai fait une étude ébullioscopique du système initial par une méthode différentielle. L'une des deux soudures d'un couple thermo-électrique constantan-argent était plongée dans l'ammoniac pur bouillant, l'autre dans la solution étudiée. Une différence de température de 1° correspondait à un déplacement du spot de l'ordre de 200^{mm}, mais ses positions d'équilibre n'étaient pas définies à moins de une ou deux divisions près. Le corps dissous était soit de la cyanamide, soit de la dicyandiamide. L'expérience a montré qu'une concentration deux fois plus forte de ce dernier corps était nécessaire pour produire la même élévation du point d'ébullition (précision 1 à 2 pour 100). Il n'existe donc pas de dicyandiamide dans une solution fraîchement préparée ammoniacale de cyanamide. Pour assister à sa formation graduelle, il faut augmenter la durée de l'expérience, ce qui est facile dans le cas des mesures tonométriques.

Par cette dernière méthode [1] on a trouvé que la polymérisation est

[1] La valeur du coefficient tonométrique (1,07 à 0°) qu'on calcule à partir de la densité de vapeur de l'ammoniac donnée par les tables est en parfait accord avec les résultats observés : il s'est trouvé que l'écart n'excédait pas $\frac{1}{400}$ en valeur relative.

pratiquement complète après un temps de l'ordre du mois, dans la glace fondante. Ainsi s'explique le résultat de l'expérience indiquée au paragraphe II.

V. Rien, au contraire, ne permettait de prévoir le fait suivant. Si l'on chasse l'ammoniac d'une solution ammoniacale fraîchement préparée de cyanamide, dans laquelle l'ébullioscopie montre l'absence de polymérisation, on obtient toujours un résidu de dicyandiamide pure. Ce résultat peut être interprété en supposant la formation d'une combinaison ammoniacale de la cyanamide, dont la dissociation donne directement naissance — d'une manière irréversible — au dimère de la cyanamide dont la chaleur de formation est supérieure à celle de la cyanamide elle-même.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude spectrographique de la formation des complexes en solution et de leur stabilité.* Note [1] de M. P. Job, présentée par M. Georges Urbain.

Soient deux corps A et B dont les solutions peuvent, par leur mélange, former un composé d'addition $A^m B^n$ en équilibre avec ses constituants. Il est facile de déterminer la formule de ce complexe et la constante d'équilibre de la réaction qui lui donne naissance, si l'on peut mesurer la concentration de l'un des trois constituants, A, B ou $A^m B^n$ du mélange. Mais supposons cette mesure impossible. Préparons une solution de A à la concentration moléculaire Γ, et une solution de B à la concentration Γ', que nous poserons égale à $p\Gamma$. Mélangeons ces deux solutions de manière que la proportion, en volume, de la première soit $1 - x$, celle de la seconde étant x, et cherchons pour quelle valeur de x la concentration Z du complexe est la plus grande. Nous appellerons mélange maximum et composition maxima, le mélange correspondant et sa composition.

Soient C_A et C_B les concentrations moléculaires de A et B dans le mélange, et k la constante d'équilibre de la réaction

$$mA + nB \rightleftharpoons A^m B^n,$$

on a

$$C_A^m C_B^n = kZ, \tag{1}$$

$$C_A + mZ = \Gamma(1 - x) \tag{2}$$

---

[1] Séance du 9 mars 1925.

et

(3) $$C_B + nZ = p\Gamma x.$$

Pour trouver la composition maxima, il suffit de dériver ces trois équations par rapport à x, en tenant compte de la condition $\frac{dZ}{dx} = 0$. On obtient ainsi les trois nouvelles équations :

(4) $$m C_B \frac{dC_A}{dx} + n C_A \frac{dC_B}{dx} = 0,$$

(5) $$\frac{dC_A}{dx} = -\Gamma,$$

(6) $$\frac{dC_B}{dx} = p\Gamma.$$

L'élimination entre les six équations précédentes, des cinq quantités, C_A, $\frac{dC_A}{dx}$, C_B, $\frac{dC_B}{dx}$ et Z donne la relation cherchée :

(7) $$\frac{\Gamma^{m+n-1} p^{n-1}}{m^{n-1} n^{m-1} (p-1)^{m+n-1}} [pm + n)x - n]^{m+n} = k[n - (m+n)x].$$

On voit que la compositon maxima dépend, en général, des concentrations des deux solutions employées. Cette composition n'est constante que si l'on est parti de *solutions équimoléculaires* des deux constituants ($p = 1$); elle correspond alors à la formule même du complexe $\left(x = \frac{n}{m+n}\right)$, quelle que soit la valeur de la constante d'équilibre k [1]. Dans tous les autres cas, la composition du mélange maximum dépend des concentrations choisies, elle dépend aussi de la valeur de k et *sa détermination permet la mesure de cette constante* [2].

Pour obtenir la formule du complexe et mesurer sa stabilité, il suffit donc de savoir déterminer la composition maxima lorsque l'on mélange soit des solutions équimoléculaires de A et B, soit des solutions à des concentrations différentes. On peut suivre, à cet effet, les variations d'une propriété physique de ces mélanges en fonction de leur composition. Mais, pour que les résultats soient d'une interprétation facile, il est nécessaire

---

(1) Ce résultat était déjà connu (CHAUVENET, G. URBAIN et P. JOB, *Société de Chimie physique*, Procès-verbal de la séance du 11 juin 1913). — G. URBAIN et CORNEC, *Bulletin de la Société chimique*, 25, 1919, p. 215).

(2) On traiterait de même le cas, plus général, où la formation du complexe s'écrirait $mA^\alpha + nB^\beta = qA^s B^t$, on aboutirait aux mêmes conclusions, la formule (7) étant un peu plus compliquée.

que la propriété choisie ne dépende, dans la solution, que de la concentration du complexe, ou qu'elle soit additive par rapport aux trois composants. Dans le premier cas, les valeurs de cette propriété passent par un maximum; dans le second, ce sont les écarts avec les valeurs calculées par la règle des mélanges qui sont le plus grands pour la composition maxima. L'absorption de la lumière paraît devoir satisfaire à l'une de ces deux conditions. Si, en particulier, le complexe absorbe dans une région du spectre où l'absorption des deux constituants est négligeable, le mélange le plus absorbant, dans cette région, sera le mélange maximum. Si donc l'on prépare une série de mélanges de composition variable et que l'on photographie les uns au-dessus des autres, les spectres d'absorption de ces mélanges, la limite d'absorption se déplacera en fonction de la concentration du complexe, et le spectrogramme dessinera de lui-même une courbe, présentant un maximum pour la composition maxima cherchée. Deux spectrogrammes suffiront en principe pour déterminer la formule du complexe (solutions équimoléculaires) et sa stabilité (solutions à des concentrations différentes) [1].

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la réduction des oxydes métalliques par les cyanures alcalins.* Note de MM. L. **Hackspill** et R. **Grandadam**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les propriétés réductrices du cyanure de potassium ont été étudiées par Liebig en 1842 [2]. Ce savant a constaté que la plupart des oxydes métalliques sont réduits en général vers 700° par suite de la formation, aux dépens de leur oxygène, de cyanate ou plus exactement d'isocyanate de potassium OCNK

$$MO + KCN = M + OCNK.$$

En réalité lorsqu'on opère sans précautions spéciales pour éviter le contact de l'air, il y a en outre formation d'une certaine proportion de potasse variable avec la température et la durée de la chauffe. C'est pour-

(1) MM. Shibata, Inonya et Nakatsuka ont appliqué l'étude des spectres d'absorption à la détermination de certains sels doubles (*Chem. Abst.*, 16, 1922, p. 2075). L'analyse de leur Mémoire que j'ai eue entre les mains ne m'a pas permis de savoir s'ils ont employé la méthode simple que je viens de décrire. Ils ne l'ont certainement pas appliquée à la mesure des constantes d'équilibre.

(2) Liebigs, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, 41, 1842, p. 285.

quoi nous avons pensé qu'il serait intéressant de reprendre les expériences de Liebig en partant du cyanure de sodium pur du commerce titrant 98,5 pour 100, et en opérant dans le vide. Dans ces conditions la réduction commence à une température variable avec la nature de l'oxyde mais qui est toujours comprise entre 560° (point de fusion du cyanure) et 750°. Les produits de la réaction sont d'une part des gaz : CO, CO^2, N^2, d'autre part les corps solides : métal de l'oxyde, sodium métallique et carbone très divisé. Ce qui peut se représenter de la manière suivante :

$$MO + NaCN = M + Na + CO + \frac{1}{2}N^2$$

Q calories (Q étant en général > 100) avec décomposition ultérieure d'une partie de l'oxyde de carbone :

$$2CO \rightleftharpoons CO^2 + C + 38^{cal},8.$$

Suivant la nature de MO des différences de détail peuvent être constatées mais les produits obtenus restent les mêmes.

Les oxydes de plomb, d'étain, de cuivre, de nickel et de fer sont particulièrement faciles à réduire et fournissent, par condensation sur un tube de quartz refroidi par un courant d'eau, un poids de sodium sensiblement équivalent au poids de métal non volatil que l'on retrouve dans le creuset. Les oxydes de strontium et de baryum sont aussi réduits aux environs de 750° mais le métal alcalino-terreux mis en liberté est volatil dans les conditions de l'expérience et il se dépose sur le tube froid en même temps que le sodium sous la forme d'un alliage ayant à peu près la dureté du plomb. Chose curieuse, il n'y a pas formation d'azoture de baryum, ce qui s'explique par la vitesse avec laquelle les vapeurs sont refroidies.

L'alumine, la chaux et le bioxyde de manganèse n'ont pu être réduits d'une façon complète sans doute parce que la température était trop basse. Elle est en effet limitée par le point d'ébullition du cyanure de sodium sous la pression réduite à laquelle nous opérions. Toutefois même dans ces derniers essais il a été possible d'identifier d'une manière indiscutable l'azote, l'oxyde de carbone et le sodium métallique.

Nos résultats paraissent à première vue très différents de ceux obtenus par Liebig. Il nous a cependant semblé possible d'admettre tous les cas; il y a en premier lieu formation d'isocyanate à la condition que ce sel soit instable dans le vide vers 700°, c'est-à-dire dans les conditions de nos expériences. Cette dernière hypothèse a été pleinement vérifiée.

De l'isocyanate préparé et purifié suivant la méthode de Liebig contenant pas plus de 1 pour 100 d'impuretés, a été chauffé dans un creuset d'alundum dans un vide inférieur à $0^{mm},001$. Il a fourni à une température inférieure à 700° un dégagement gazeux qui a duré pendant 30 ou 35 minutes. Les produits de cette décomposition étaient CO^2, CO, N^2, Na et C qui existent tous dans les réductions d'oxydes opérées dans le vide, et il ne restait rien dans le creuset. On peut donc exprimer la réaction de la manière suivante :

$$2\,OCNNa = 2\,CO + N^2 + 2\,Na \quad \text{(avec décomposition d'une partie de CO).}$$

L'isocyanate est parfaitement stable au rouge vif sous la pression atmosphérique, mais la diminution de pression favorise sa décomposition car elle se fait avec une augmentation considérable.

CHIMIE MINÉRALE. — *La décomposition de l'eau oxygénée en présence d'hydroxyde nickeleux.* Note (¹) de Mlle **Suzanne Veil**, présentée par M. G. Urbain.

Lorsqu'on met l'hydroxyde nickeleux au contact de l'eau oxygénée, celle-ci se décompose avec dégagement d'oxygène. D'autre part, cependant, il ne se produit aucun changement dans le degré d'oxydation de l'hydroxyde nickeleux. Thénard a déjà signalé ces faits au commencement du siècle dernier.

Il était intéressant d'observer ce que deviennent, dans ces conditions, les propriétés magnétiques de l'hydroxyde nickeleux, qui agit alors comme un catalyseur, afin de voir comment se traduisent ce que nous appelons communément des phénomènes catalytiques.

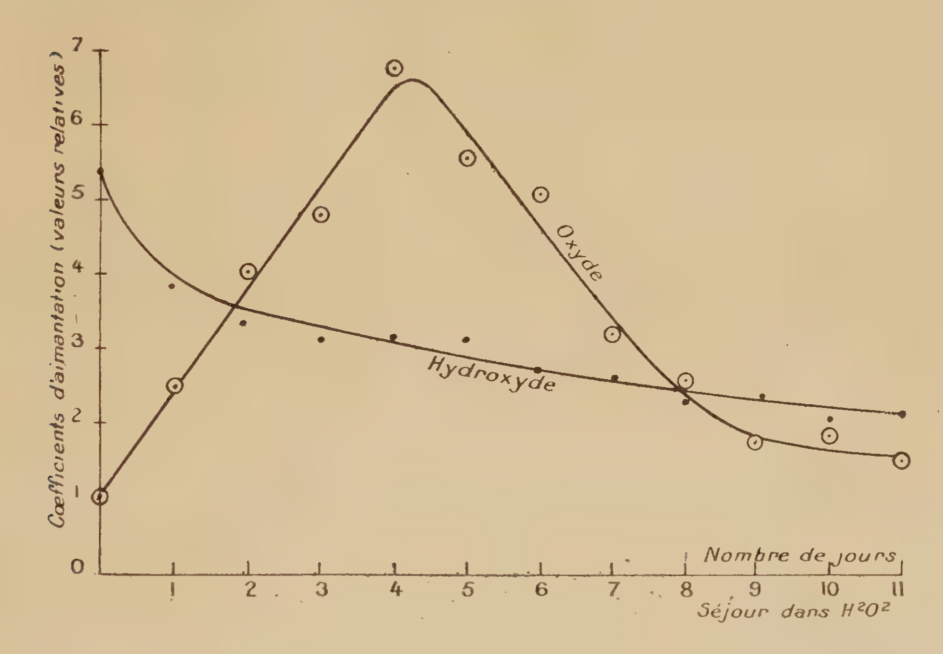
L'hydroxyde nickeleux était préparé entièrement à froid, en précipitant un sel de nickel par la soude, et en lavant par décantation. Puis, cet hydroxyde étant abandonné en suspension au sein de l'eau oxygénée, on en faisait des prélèvements, en notant la durée des séjours. Les échantillons étaient mis à sécher sur l'acide sulfurique. On déterminait ensuite les coefficients d'aimantation de ces hydroxydes nickeleux et ceux des oxydes calcinés correspondants.

A mesure que l'eau oxygénée se décompose, on constate une évolution

(¹) Séance du 16 mars 1925.

des propriétés magnétiques de l'hydroxyde, ainsi que de celles de son anhydride calciné. Les phénomènes dépendent des circonstances particulières de l'expérience. Mentionnons, à titre d'exemple, une expérience où, quotidiennement, on a fait des prélèvements d'hydroxyde. A chaque prélèvement on a, après décantation, renouvelé l'eau oxygénée. Le tableau suivant résume les résultats numériques obtenus. Les coefficients d'aimantation, rapportés au poids de nickel, sont exprimés en valeur relative. Celui de l'oxyde, dérivé de l'hydroxyde non encore soumis à l'eau oxygénée, a été choisi comme unité.

La courbe ci-après illustre ces observations.



Au sein de l'eau oxygénée, dans les conditions de l'expérience, l'hydroxyde nickeleux, dont la couleur s'affaiblit, devient en outre de moins en moins magnétique. Quant au coefficient d'aimantation de l'oxyde calciné correspondant, qui n'était au début qu'une fraction de celui de l'hydroxyde, il croît au bout de quelque temps de façon très notable, puis décroît. Ces phénomènes semblent directement reliés à la réaction chimique qui s'effectue par ailleurs car, au sein de l'eau pure froide, l'évolution de l'hydroxyde nickeleux, qui est fonction de la température, ne se manifeste pas sensiblement au magnétisme.

Hydroxyde nickeleux resté au contact de H^2O^2 et oxyde calciné correspondant.

Durée du séjour en jours.	Coefficients d'aimantation (valeurs relatives). Hydroxyde nickeleux.	Oxyde calciné.
0	5,35	1
1	3,85	2,54
2	3,49	4,12
3	3,22	4,93
4	3,26	6,97
5	3,35	5,67
6	2,82	5,35
7	2,68	3,35
8	2,41	2,72
9	2,42	1,83
10	2,14	1,98
11	2,24	1,65

La décomposition de l'eau oxygénée, envisagée ici, ne laisse donc pas en réalité le catalyseur identique à lui-même. A la réaction pondérale d'un côté, correspond de l'autre une réaction plus profonde, qui échappe à la balance, mais que l'analyse magnétique vient déceler.

MÉTALLURGIE. — *Contribution à l'étude des aciers étirés à froid.* Note de M. **Delbart**, présentée par M. H. Le Chatelier.

De nombreux auteurs ont déjà étudié l'influence du recuit sur les aciers écrouis. MM. Guillet et Gœrens ont tracé les courbes de résistance et d'allongement en fonction de la température de recuit; Witheley a indiqué l'influence de l'écrouissage sur la formation de la perlite globulaire. Hahnemann et Luidt ont étudié l'action des laminages et recuits successifs.

Il nous a paru utile de compléter ces essais en précisant l'action du recuit final sur des aciers ayant subi à l'usine des étirages à froid et recuits successifs, terminés par un recuit industriel, c'est-à-dire aussi court que possible.

Nous nous sommes d'abord attaché à l'étude des aciers hypoentectoïdes suivants qui sont les plus utilisés dans l'étirage à froid, à savoir :

Qualité.	N°.	C.	Si.	S.	P.	Mn.
Acier doux	1	0,127	0,06	0,033	0,019	0,44
Acier demi-dur	2	0,40	0,199	0,017	0,014	0,66
Acier dur	3	0,60	0,119	0,017	0,020	0,64

Ces aciers ont subi 6 passages à la filière avec réduction moyenne de 20 pour 100, des recuits intermédiaires entre 650° et 700° et finalement 2 passages successifs avec 16 et 8 pour 100 de déformations.

Sur les produits écrouis ainsi obtenus la cémentite était coalescée; nous avons fait les essais de résistance à la traction et les essais de résistance à la corrosion dans différents acides après un recuit de 10 minutes à diverses températures, suivi de refroidissement à l'air calme.

L'essai à la traction nous a donné les résultats suivants :

			Recuit à									
N°.		Ecroui.	400°.	500°.	550°.	600°.	650°.	700°.	750°.	800°.	850°.	900°.
1.	R.....	54,5	53	47	45	41,3	35,5	36	37,6	36,8	38,6	38,2
	A °/₀..	7	12	17,5	19,5	23,5	34	34	31	31	30,5	31,2
2.	R.....	70,4	68,5	68,2	66,2	65,1	58,9	54,5	58,5	60,1	61	"
	A.....	8	14	15	16,5	18,5	20	23	21,3	22,5	22,5	"
3.	R.....	87,6	84,8	82,6	76,5	69,6	64,9	65,2	74,5	75,4	76,7	"
	A.....	6	7	11	13	17	21	19	17	15	16	"

Comme il était à prévoir nous avons donc trouvé pour chaque acier recuit vers 650-700° une chute de la résistance (et une augmentation de l'allongement), chute d'autant plus marquée que l'acier est plus carburé, puisque c'est la coalescence de la perlite qui est cause de cette dépréciation du métal.

Il y a donc lieu de distinguer dans l'industrie de l'étirage à froid deux températures différentes de réchauffement : un recuit intermédiaire coalescent au voisinage de 700°, qui fait simplement disparaître l'écrouissage et un recuit final, qui, s'il ne détruit pas toujours complètement la perlite globulaire, en transforme au moins la plus grande partie à l'état sorbitique, puisque nos réchauffements sont suivis de refroidissement à l'air calme. En fait, 10 minutes à 850° suffisent pour restituer au métal ses propriétés normales.

Toutefois, pour l'acier doux, le phénomène de la déformation critique agit particulièrement sur la fragilité sans que son action apparaisse aux essais de traction; il faut alors éviter le recuit intermédiaire entre 650 et 850°, car dans le cas d'une déformation critique il rend le grain grossier et le

métal cassant. On sait que dans la pratique de l'étirage à froid, il faut voir là l'origine de la plupart des criques.

L'intervalle de la déformation critique a été fixé par Pomp entre 8 et 16 pour 100 et Oberhoffer indique un maximum de grossissement du grain pour 10 pour 100 d'écrouissage.

Un acier doux réduit de 63 pour 100 nous donna les résultats suivants :

		Recuit à			
	Écroui.	650°.	780°.	840°.	930°.
R.......	64,9	37,2	39,1	40	40
A.......	1,5	30	28,5	29	29

Déjà le recuit à 650° fait apparaître un grain de ferrite très fin sur cet acier écroui au maximum, mais n'ayant pas subi de déformation critique, tandis que pour l'acier n° 1 dont les dernières déformations étaient de 16 et 8 pour 100, le grain n'est redevenu normal qu'après 900°.

Enfin nous avons constaté que le silicium et le manganèse ne retardaient pas la coalescence de la cémentite au point qu'il doive en être tenu compte à l'étirage à froid.

Les deux aciers suivants :

Nos.	C.	Si.	S.	P.	Mn.
4........	0,185	**0,95**	0,036	0,031	0,53
5........	0,39	0,21	0,020	0,032	**1,07**

traités comme les précédents ont fourni les résultats ci-dessous :

			Recuit à							
Nos.	Écrouis.	400°.	500°.	550°.	600°.	650°.	700°.	750°.	800°.	850°.
4 R......	74,8	69,7	63,5	60,5	51,9	51	**50,5**	52,5	52,7	53,6
A......	5	12	13	14	22	27	**28**	22	25	24
5 R......	78,2	75,7	73,9	71,5	69,1	63,2	**59**	62,6	65,7	66,1
A......	7	10	11,5	13,5	15,2	18,7	**23**	20,5	22,5	21,2

Après étirage, ces métaux écrouis étaient coalescés. Le recuit à 700° qui détruisit l'écrouissage nous présenta une structure typique de la perlite globulaire. Nous pouvons donc leur étendre les conclusions énoncées précédemment et applicables aux aciers nos 2 et 3.

Les résultats des essais mécaniques ont été confirmés par l'examen micrographique; tous nos aciers écrouis ou recuits à basse température présentaient une ferrite déformée, ponctuée de perlite globulaire. Les recuits à 650-700° donnaient la structure des aciers coalescés normaux et c'est seulement vers 750° que la sorbite commençait à apparaître.

La singularité présentée vers 650-700° par les courbes de résistance et d'allongement a sa réplique dans l'étude de la corrosion. L'acide sulfurique, à divers degrés de concentration, donne toujours lieu à une attaque minima pour les échantillons recuits à 700°, c'est-à-dire pour les aciers coalescés non écrouis, par contre l'oléum à 20 pour 100, qui agit comme oxydant, donne précisément lieu en ce point à une attaque maxima.

Il y a là un fait d'importance certaine pour la fabrication des appareils de l'industrie chimique. Nous en poursuivons l'étude dans les aciers normaux et les aciers spéciaux.

HYDROLOGIE. — *Sur la constance du débit de la source froide* Velléda *de l'Établissement thermal de Royat.* Note (¹) de M. Ch. Jacquet, présentée par M. A. d'Arsonval.

Les sources de l'Établissement thermal de Royat sont au nombre de cinq. Quatre sources minérales proprement dites : Eugénie 35°,2; Saint-Mart 28°,7; César 27°,1; Saint-Victor 20°,8; qui sont des sources carbogazeuses et une source faiblement minéralisée : *Velléda* 8°,7.

Nous avons constaté un débit constant pour les sources chaudes César et Saint-Victor dont le griffon est surmonté d'un puits, en observant le niveau du plan d'eau. Il y avait lieu de voir s'il en était de même pour la source froide *Velléda*.

On pouvait en effet supposer que celle-ci, en raison de sa basse température, de sa faible minéralisation et de l'absence de gaz dissous, était alimentée par les eaux de pluie et de fonte des neiges.

S'il en avait été ainsi, son débit serait fonction des conditions atmosphériques et en particulier de la quantité annuelle des précipitations. C'est ce que nous nous proposons d'étudier.

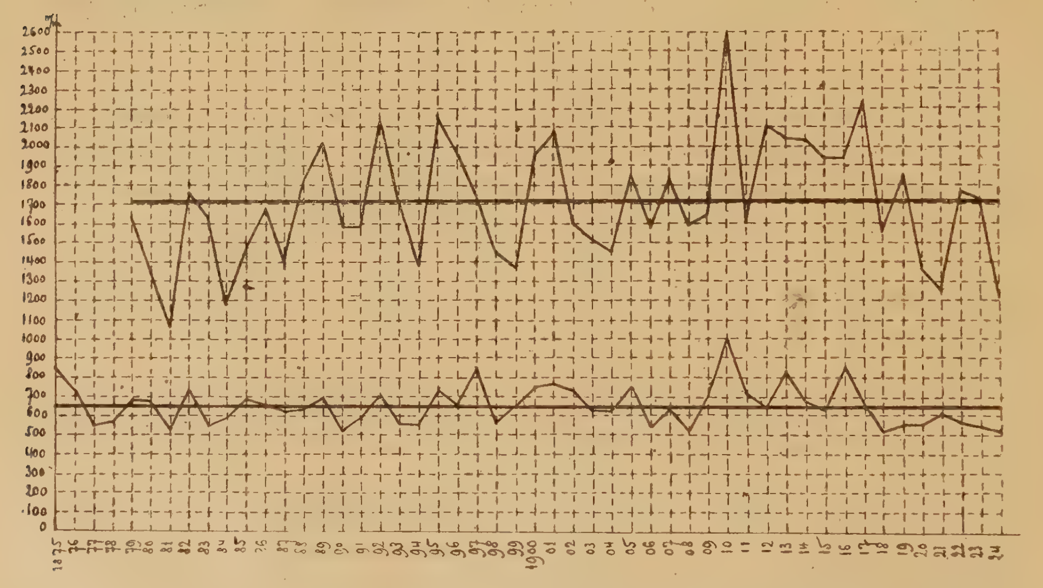
La source *Velléda* est située sur la rive droite du ruisseau Tiretaine et prend jour à la faveur d'une cassure dans l'arkose. Cette source a été captée en 1883. Les mesures de cette époque (1886) accusaient un débit horaire de 10200^{l}.

La station thermale de Royat-les-Bains est située à 450^{m} d'altitude sur la ligne joignant les deux stations de l'Observatoire du Puy-de-Dôme (station de la Plaine à Aubière, altitude 401^{m}; station du sommet du Puy de Dôme, altitude 1465^{m}).

(¹) Séance du 9 mars 1925.

Si l'on admet en principe que la source *Velléda* a un débit fonction des précipitations, il est naturel de penser que ce débit reflète les hauteurs de pluie annuelles des deux stations de l'Observatoire qui sont situées de part et d'autre. A cause de cela nous avons cru devoir joindre à cette Note une figure donnant pour chacune des deux stations de l'Observatoire la quantité annuelle d'eau météorique tombée depuis la fondation de cet Établissement (1875 pour la station de la Plaine, 1879 pour la station du Sommet).

Il est à remarquer que, depuis 1917, la quantité d'eau météorique est nettement inférieure à la *moyenne* (653^{mm},4 pour la station de la Plaine et 1703^{mm},8 pour la station du Sommet) qui est indiquée sur chaque graphique par un trait horizontal accentué.



En 1918 (25, 26, 27 et 29 avril) des mesures de débit de la source *Velléda*, pour lesquelles on a utilisé un compteur Eyquem de 60^{mm}, ont donné un débit horaire de 10150^{l}. Ce compteur était branché sur la tuyauterie de fonte de 90^{mm} de diamètre venant du griffon et distribuant l'eau aux différents services. Il est permis de croire que ce compteur, *qui n'a pas été étalonné à l'époque*, n'a donné que des mesures approchées.

Il est toutefois intéressant de noter qu'un violent orage survenu le 26 avril 1918 n'avait causé aucune variation de débit ni aucun trouble de l'eau.

En novembre 1921, les 21 et 22, de nouvelles mesures de débit ont été

faites au compteur Eyquem, donnant des résultats légèrement inférieurs aux précédents (10130^l à l'heure).

Le 26 avril 1923, le Service des Mines procède au jaugeage de la source de la façon suivante : la conduite d'eau était interrompue à une vingtaine de mètres du griffon; l'eau était alors dirigée par un couloir et déversée dans un bac quadrangulaire de 120^l ($40 \times 50 \times 60^{cm}$); on observait le temps de remplissage *avec une simple montre*, temps qui était trouvé égal à 43 secondes, d'où l'on déduit, pour le débit horaire : 10050^l.

La pluviosité de l'année 1924 étant tout particulièrement inférieure à la moyenne, comme celle de l'hiver 1924-1925, nous avons cru devoir reprendre avec tout le soin possible la mesure du débit de la source *Velléda*. A cet effet, on a rempli comme précédemment un bac de 120^l ($40 \times 50 \times 60^{cm}$) dans un temps qu'on détermine au $\frac{1}{10}$ de seconde avec un *chronomètre Leroy;* on a pris soin d'aménager un plan rigoureusement horizontal au-dessous du bac dont le parfait remplissage pouvait être noté très exactement. On a fait 20 mesures dans la journée du 26 février 1925; seize mesures ont donné 42,3 secondes pour la durée du remplissage, deux ont donné 42,2 et deux autres 42,4, la moyenne étant exactement 42,3 secondes. On tire de là pour le débit horaire

$$\frac{120 \times 3600}{42,3} = 10210^l.$$

On retrouve ainsi, à *un millième* environ, le même débit qu'en 1886. On peut donc affirmer que le débit de la source *Velléda*, contrairement à ce qu'on pouvait supposer, est rigoureusement indépendant des conditions météorologiques extérieures.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Extension du drainage océanique.* Note (¹) de MM. **Emm. de Martonne** et **L. Aufrère**, présentée par M. R. Bourgeois.

L'extension des régions drainées vers les océans n'a été jusqu'à présent calculée que de façon approximative, d'après des planisphères à petite échelle (Murray 1886, Penck 1894). L'intérêt d'une évaluation plus précise est pourtant évident, non seulement au point de vue géographique, mais au point de vue géologique et hydrologique.

(¹) Séance du 16 mars 1925.

Les régions échappant au drainage océanique comprennent, non seulement les déserts et steppes arides, mais tous les bassins dont les pentes convergent vers une dépression intérieure. Les précipitations y sont dissipées sur place, les sédiments s'y déposeni sans contribuer au comblement des cuvettes océaniques ; l'évolution des formes d'érosion s'y accomplit en fonction de niveaux de base locaux et variables. Leur extension dépend des conditions orographiques et climatologiques surtout, et, dans une plus faible mesure, des conditions géologiques.

L'enquête dont les résultats généraux sont présentés a été menée en traçant sur des cartes de chaque continent à des échelles supérieures au $\frac{1}{50000000}$, et d'après des cartes à des échelles voisines du millionième ou même plus détaillées, les limites des bassins. Les surfaces ont été calculées en relevant les trapèzes d'un degré et même de un demi-degré compris dans chaque zone de latitude. Le travail a été fait pour chaque continent par plusieurs élèves de l'Institut de Géographie sous la direction de Emm. de Martonne; les résultats ont été coordonnés et vérifiés par L. Aufrère. On a distingué toutes les fois que la chose a été possible les bassins intérieurs proprement dits et les régions où c'est au climat seul que paraît due l'absence de drainage océanique. Les petits bassins intérieurs des pays calcaires n'ont pas été pris en considération.

Au total, plus de 38 millions de kilomètres carrés échappent au drainage océanique, soit 26 pour 100 de l'ensemble des terres, 30 pour 100 si l'on fait abstraction des terres polaires. Ce chiffre, notablement plus fort que celui donné par Murray et Penk, ouvre des horizons sur l'économie de la surface de la planète : c'est sur plus d'un quart et près d'un tiers de la surface des terres que les précipitations sont absorbées par le sol et l'évaporation, que les débris s'accumulent sur place sans décharger les blocs continentaux, que le nivellement par l'érosion est indépendant du niveau de base général et stable des mers. A tous les points de vue il s'agit de régions évoluant dans des conditions anormales.

L'Australie est le continent le plus singulier; le drainage océanique n'y revendique pas même la moitié de la surface (41 pour 100). L'Afrique est presque aussi anormale (drainage océanique 57 pour 100 seulement). L'Eurasie se rapproche des conditions moyennes (drainage océanique 68 pour 100). Le nouveau monde est particulièrement bien drainé (Amérique du Nord 90, Amérique du Sud 86 pour 100).

La Carte du drainage océanique est instructive : elle montre au premier coup d'œil une extension très réduite dans les latitudes moyennes (de 20

à 50°). Il n'y a pas de régions échappant au drainage vers la mer au delà de 60° de latitude; il en existe très peu au voisinage de l'équateur. Voici les moyennes calculées par zones de latitude de un degré dans les deux hémisphères :

Proportion des régions échappant au drainage océanique.

Latitude......	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Hémisph. N...	5	8	6	5	5	5	10	12	11	12	16	22	35	30	42	47	53	55	54	59	59
Hémisph. S...	1	1	3	4	5	5	3	3	3	1	0	0	1	3	5	8	11	20	34	46	45
Latitude......	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
Hémisph. N...	55	60	54	54	50	49	52	52	54	57	54	50	47	42	43	40	44	48	44	45	50
Hémisph. S...	46	45	51	51	51	55	52	57	60	63	57	51	43	45	49	55	42	30	49	59	36
Latitude......	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62
Hémisph. N...	46	47	46	41	38	32	26	23	17	14	16	18	21	18	15	14	13	9	4	1	0
Hémisph. S...	35	38	36	37	34	41	48	36	35	2	5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"

Les rapports avec le climat apparaissent clairement si l'on calcule des moyennes arrondies de 10° en 10°, comparables aux valeurs moyennes de la température (T) et des précipitations (P), surtout si l'on calcule T, comme nous l'avons fait, à la surface des continents seulement (P est emprunté à Spitaler, *Mitteilungen der Geogr. Gesellschaft*, Wien, 1907).

La courbe suit celle des températures au delà des tropiques, et celle des précipitations invertie entre les tropiques. Nous avons cherché une fonction de P et T dont les variations répondent à celle du pourcentage des régions échappant au drainage océanique. La plus satisfaisante nous a paru $P : T + 10$, comme le montre le tableau.

L, Latitude; DI, pour 100 des régions non drainées vers la mer; F, valeur de $P : T + 10$ (P, précipitations en centimètres moyenne annuelle d'après Spitaler; T, températures moyennes annuelles calculées pour les continents d'après la carte de Hann) :

L.....	60	50	40	30	20	10	0	S. 10	20	30	40	50
DI....	6	22	44	53	55	29	5	2	37	56	59	16
F.....	5,1	3,3	1,9	1,6	1,3	3,5	5,3	4,3	2,3	1,7	2,2	4,4

On remarque la concordance remarquable des deux courbes dans l'hémisphère Nord, qui est le mieux connu et celui où l'étendue des continents est la plus grande. La non-concordance des minima et des maxima dans l'hémisphère Sud peut être due à l'incertitude des données, mais aussi certainement du développement réduit des continents qui ne permet pas l'amortissement des anomalies locales.

L'analyse détaillée des variations de la courbe degré par degré, telle

qu'elle résulte du premier tableau, et celle de l'extension des surfaces échappant au drainage océanique dans chaque continent montrerait l'influence du relief et de la structure. Les plissements récents, mais surtout les dislocations tabulaires, créent des conditions défavorables au drainage océanique (Australie, Afrique, Asie centrale). La stabilité du sol est favorable à son extension par conquêtes des fleuves reculant leurs têtes de sources (malgré un dessèchement certain depuis le Quaternaire, une partie de l'Afrique a été conquise au drainage océanique, qui devait être jadis aussi réduit qu'en Australie).

Dans l'ensemble, les facteurs climatologiques l'emportent; l'évaporation, réglée surtout par la température, et la quantité des précipitations sont les faits essentiels. Même avec des précipitations réduites, il semble qu'aucun bassin intérieur ne puisse se maintenir là où la température moyenne est inférieure à 0°; de même les cuvettes intérieures débordent là où les précipitations dépassent notablement 1^{m}, même dans les régions les plus chaudes. Le relief décide pour ou contre le drainage océanique là où les conditions climatiques ne lui sont pas très favorables, c'est-à-dire, semble-t-il, là où $P : T + 10$ est inférieur à 3.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur l'aimantation permanente naturelle et artificielle des roches*. Note [1] de MM. **F. Lœwinson-Lessing** et **V. Mitkewitch**.

Le groupe volcanique du Karadagh en Crimée manifeste une anomalie magnétique compliquée. Sur l'un des rochers plusieurs polarités, sud et nord, se succèdent sur un espace restreint, ce qui suggéra à l'un de nous la supposition que ce rocher devait son aimantation non au champ terrestre, mais à des décharges électriques atmosphériques, comme on peut le supposer pour certains autres cas analogues (rocher magnétique de Frankenstein). On sait, par exemple, que la foudre, tombant sur un rocher et y produisant des fulgurites par une fusion partielle, détermine en même temps une aimantation permanente intense (la cime du Petit Ararat célèbre par son andésite à fulgurites). Mais on n'a pas trouvé de fulgurites dans les roches du Karadagh. Il fallait donc se demander si la foudre pouvait aussi produire une aimantation permanente à distance et non pas seulement

(1) Séance du 16 mars 1925.

dans le cas d'une décharge immédiate dans la roche même. Un calcul approximatif de l'un de nous semble démontrer qu'une décharge intense de la foudre produirait à une distance de quelques kilomètres un effet magnétique comparable à l'intensité du champ terrestre. Une pareille décharge se produisant à plusieurs dizaines (ou même centaines) de mètres pourrait donc produire dans une roche une aimantation permanente d'intensité égale à celle que l'on observe dans les roches à aimantation permanente très prononcée. Pour vérifier cette hypothèse, nous avons entrepris des expériences d'aimantation artificielle au moyen d'un électro-aimant droit à noyau de fer long de 400^{mm} et de 50^{mm} de diamètre. Nous obtenons ainsi, immédiatement près du pôle, un champ magnétique de 3500 gauss. De nombreux échantillons de roches étaient soumis au contrôle magnétométrique avant et après l'expérience. Le degré de sensibilité de notre installation magnétométrique peut être illustré par le fait que l'approche de la main se manifestait par une déviation de 2 ou 3^{mm} sur notre échelle graduée se trouvant à une distance de $2^{m},50$ en face du petit miroir du magnétomètre. Une boussole ordinaire (longueur de l'aiguille 43^{mm}) produisait à une distance de 300^{mm} une déviation de 40^{mm}.

Les résultats de nos expériences peuvent être résumés comme suit :

Roches de profondeur. — 59 pour 100 des échantillons soumis à l'étude ne manifestent point d'aimantation naturelle, mais presque tous, sauf à peu près 3 pour 100, se laissent aimanter et acquièrent généralement une aimantation permanente intense. Les conditions de la cristallisation du magma intrusif ne sont donc point favorables à l'aimantation naturelle dans le champ terrestre. La plupart des granites, dépourvus d'aimantation naturelle, sont susceptibles d'aimantation artificielle.

Roches d'épanchement. — Plus de la moitié des échantillons est douée d'une polarité naturelle plus ou moins intense. Toutes les roches effusives se laissent aimanter et acquièrent généralement une aimantation intense, même celles qui n'avaient pas été aimantées dans la nature. Nous n'avons rencontré que deux exceptions : un tuf andésitique et le trass du Karadagh. Tandis que la majorité des basaltes a acquis dans les conditions naturelles une aimantation intense, ce qui est connu depuis longtemps, les mélaphyres ne possèdent point d'aimantation permanente naturelle ou ne sont que faiblement aimantés, quoique, dans les conditions du laboratoire, ils se laissent tous fortement aimanter. Y aurait-il là une influence d'âge ?

Roches de contact. — 55,5 pour 100 sont dépourvues d'aimantation, mais dans la majorité des cas elles se laissent fortement aimanter.

Roches métamorphiques. — 61 pour 100 ne manifestent aucune aimantation; celles qui sont faiblement aimantées acquièrent une aimantation artificielle intense. Toutes les phyllites et ardoises sont dépourvues d'aimantation naturelle, et ne se laissent pas aimanter, même si l'expérience est faite à plusieurs reprises. Une amphibolite feldspathique de Thuringe se comporte de même, quoiqu'elle contienne plus de magnétite que d'autres. Il faut aussi relever une porphyrite diabasique de l'Oural du Nord transformée en une masse argileuse, mais sans avoir perdu sa structure porphyrique; la roche provient d'une galerie souterraine à la profondeur de 20^m et possède une aimantation permanente, quoique faible héritage probable de la roche mère.

Roches sédimentaires. — Sauf la bauxite du Vogelsberg, toutes les roches sédimentaires sont dépourvues d'aimantation, et en général elles ne sont pas aimantables; sauf certains grès ferrugineux. L'aimantation permanente de la bauxite est probablement un reste de l'aimantation du basalte dont provient cette roche.

Un fait remarquable est l'aimantation permanente de deux kaolins remaniés, blancs, des gouvernements de Thernigow (Gloukhow) et de Volhynie. L'électro-aimant leur a infligé une polarité très faible, mais distincte et durable; elle subsiste sans altération depuis 3 mois.

Nous sommes portés à croire que dans les cas où les roches manifestent une aimantation permanente très intense, de nature à faire tourner l'aiguille d'une boussole, et surtout quand cette aimantation est bornée à des pics isolés, à des crêtes ou des cimes de montagnes et quand il y a sur un petit espace plusieurs polarités différentes, ce n'est pas au champ terrestre, mais à des décharges de la foudre qu'il faut attribuer cette aimantation. Il était donc naturel de se demander s'il y a un moyen de distinguer l'aimantation produite par le champ terrestre de celle produite par la foudre. Il semble que nous ayons trouvé une réponse affirmative pour les cas d'une aimantation permanente intense, en suivant le raisonnement que voici. Quand une décharge de la foudre se produit près d'une roche, le champ magnétique qu'elle suscite est si intense que la roche doit être aimantée jusqu'à la saturation et par suite incapable de se laisser aimanter davantage dans le champ de notre électro-aimant qui, tout en étant plus fort que le champ terrestre, le cède beaucoup au champ de la foudre. Par contre les roches aimantées par le champ terrestre ne sont pas saturées d'aimantation et doivent être susceptibles d'aimantation complémentaire dans les conditious de nos expériences et devenir plus fortement aimantées qu'elles ne l'étaient auparavant.

Nos expériences confirment cette supposition. Plusieurs échantillons de l'andésite à fulgurites de l'Ararat, soumis à l'aimantation, ont gardé à peu près le degré d'intensité de leur aimantation permanente originelle (une augmentation de l'intensité de 2 ou 3 fois peut n'être qu'une augmentation très faible ou même apparente, due à une répartition plus régulière des pôles), tandis que, dans le cas de roches aimantées dans le champ terrestre, cette augmentation de l'intensité est très grande, souvent énorme (plusieurs dizaines ou plusieurs centaines de fois). Les échantillons magnétiques du Karadagh n'ont manifesté aucun changement dans l'intensité de leur aimantation après plusieurs tentatives d'aimantation artificielle.

Ainsi nos expériences nous conduisent à la conclusion que l'aimantation artificielle dans les conditions décrites dans cette Note offre un moyen de discerner dans beaucoup de cas une aimantation permanente produite par la foudre de celle qui a été produite par le champ terrestre. Il est à désirer qu'on applique cette méthode à l'étude de l'aimantation permanente des roches avant de conclure à des variations de position du méridien magnétique terrestre.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la quasi-permanence du dessin des courbes météorologiques en Afrique Occidentale.* Note de M. **Henry Hubert.**

Après avoir tracé, sur la carte de l'Afrique Occidentale, les courbes traduisant les différents facteurs météorologiques pour des durées très différentes (année, mois, jour, heure), je me suis appliqué à étudier la variabilité du dessin de chacune de ces courbes pour des périodes qui se correspondent.

Le fait important mis en évidence par le dépouillement d'un très grand nombre de documents est celui-ci : étant entendu que le dessin des courbes pour deux périodes qui se correspondent est d'autant plus variable que les périodes considérées sont plus courtes, ce dessin reste cependant très comparable à lui-même, les différences observées résidant beaucoup plus dans la valeur absolue des courbes que dans leur forme et leur disposition.

Ainsi, par exemple, l'allure des isothermes sera très comparable, non seulement pour deux années différentes, mais encore pour un même mois de deux années distinctes. Et si l'on trace les isothermes, pour une même heure de chacun des jours d'un mois, on aura, au maximum, deux ou trois groupements possibles de lignes, groupements qui seront le plus souvent des

variantes d'un même type et qui se retrouveront, chaque année, pour la même heure de tous les jours du mois considéré.

De plus, dans les limites où la position des courbes est susceptible de varier, on constate que, dans certaines régions, ces variations sont normalement fortes, tandis que dans d'autres, toujours les mêmes, elle sont, au contraire, normalement faibles. Ces dernières régions jouent, par suite, dans le dessin général des courbes, le rôle d'axes ou de charnières.

Il convient d'ajouter enfin que, si les valeurs des différentes courbes de périodes comparables sont plus variables que la forme même de ces courbes, ces valeurs ne sont cependant susceptibles de changer qu'entre des limites assez étroites. Il se dégage de tout cela une impression de régularité dans la succession des variations climatiques, impression qui est justifiée par la forme massive et peu accidentée de l'Afrique occidentale : celle-ci réagit dans son ensemble, tout d'un bloc (et non par ses différentes parties) sous l'action de facteurs déjà eux-mêmes très réguliers, puisque leurs variations sont dominées par le déplacement apparent du Soleil.

Il n'est évidemment pas possible de donner ici, même sous une forme résumée, les caractères du dessin des courbes météorologiques pour chaque facteur étudié et pour les différentes périodes considérées. On peut tout au plus essayer de mettre en évidence les avantages pratiques de la faible variabilité de ce dessin.

a. Il est possible de fixer maintenant, avec une grande sécurité, les caractères climatiques des différentes régions de l'Afrique occidentale, ce qui est d'une grosse importance au point de vue d'acclimatements à réaliser.

b. La quasi-permanence du dessin des courbes des mêmes époques permet de saisir, souvent jusque dans les détails, l'interdépendance des différents facteurs météorologiques et, par suite, l'évolution probable de certains éléments d'après les variations actuelles de certains autres.

c. La quasi-permanence du dessin des courbes permet immédiatement un contrôle serré des observations faites, et à l'occasion, soit la reconstitution du temps passé pour une période où les observations sont insuffisantes ou incomplètes, soit l'établissement des courbes du temps actuel pour un pays immense en n'utilisant qu'un nombre infime d'observations. Il suffit pour cela d'employer des gabarits de courbes, établis d'ailleurs empiriquement.

d. Des changements de temps, en apparence très faibles, peuvent être aisément mis en évidence, puisqu'ils se traduisent par un nouveau dessin des courbes. On peut ainsi saisir très exactement le début d'une nouvelle saison.

e. Le contrôle, en quelque sorte permanent, du dessin des courbes, permet de voir que, pour un grand nombre de comparaisons à faire, le procédé classique des moyennes risque d'entraîner de graves erreurs, quand il s'agit de l'Afrique occidentale. Presque toujours on évitera le danger résultant d'observations incomplètes ou erronées en remplaçant les moyennes par les valeurs des extrêmes et de la plus grande fréquence. Si, sur dix observations, le chiffre *a* est trouvé plus de cinq fois, on dira que la plus grande fréquence est *a*, cette valeur pouvant n'avoir aucun rapport nécessaire avec la moyenne des dix observations.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la faune des alluvions tourbeuses de la vallée de la Seine au sud de Paris.* Note de M. **Pierre Lesne**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

En 1920 et 1921, j'ai eu l'occasion de constater la présence, au sud de Paris, d'un banc de tourbe intercalé dans les alluvions et non encore signalé jusqu'ici. Ce banc est situé dans la région s'étendant à l'ouest de la ferme de l'Hôpital, à la limite des territoires de Choisy-le-Roi et de Villeneuve-Saint-Georges. Je l'ai reconnu en deux points : 1° au voisinage immédiat de l'arrêt de Villeneuve-Prairie et 2° contre le bord ouest du talus des voies de grandes lignes, un peu au sud de l'aqueduc passant sous ces voies.

Dans le premier de ces points, le banc de tourbe, épais de 1^m à 1^m20, semble reposer, vers 1^m90 de profondeur, sur les graviers pleistocènes, le « sable à lapins » faisant défaut à ce niveau. La tourbe, argileuse dans sa partie supérieure, est surmontée d'une mince couche d'argile noire (0^m05) riche en coquilles d'eau douce, qui est elle-même recouverte de 0^m80 de limons.

Dans le second point, une fouille, poussée jusqu'à la profondeur de 3^m20, n'a pas atteint le substratum. Un banc de tourbe argileuse, épais d'au moins 1^m15, y est recouvert d'une couche de 0^m65 d'une argile tourbeuse brune passant au gris vers le haut et supportant elle-même une assise de limons épaisse de 1^m35.

Alors que la tourbe de cette dernière fouille s'est montrée extrêmement pauvre en débris subfossiles, celle du passage à niveau de Villeneuve-Prairie m'a fourni de nombreux restes d'Insectes, presque tous Coléoptères, parmi lesquels j'ai pu identifier les formes suivantes :

Coléoptères. *Carabidæ : Carabus auratus* L., *Dyschirius globosus* Herbst, *Bembidion* (*Lopha*) *gilvipes* Sturm, *B.* (*Campa*) *assimile* Gyll., *B.* (*Campa*) *Clarki* Daws., *B.* (*Philochthus*) sp. ined., *Patrobus* sp., *Agonum lugens* Duft., *Pterostichus* (*Lagarus*) *vernalis* Panz., *P.* (*Bothriopterus*) *oblongopunctatus* F., *P.* (*Platysma*) *niger* Schall., *P.* (*Pseudomaseus*) *minor* Gyll., *P.* (*Omaseus*) *vulgaris* L.

— *Dytiscidæ : Hyphydrus ferrugineus* L., *Colymbetes* sp.

— *Gyrinidæ : Gyrinus elongatus* Aubé.

— *Silphidæ : Silpha* (*Phosphuga*) *atrata* L.

— *Histeridæ : Hister carbonarius* Ill.

— *Hydrophilidæ : Ochthebius* sp., *Limnoxenus oblongus* Herbst, *Chætarthria semi-nulum* Herbst, *Cœlostoma orbiculare* F.

— *Curculionidæ : Otiorrhynchus clavipes* Bonsd., *O. raucus* F., *Liparus coronatus* Goeze, *Anisorrhynchus barbatus* Rossi, *Notaris scirpi* F.

— *Chrysomelidæ : Dondcia clavipes* F., *D. obscura* Gyll., *Phyllodecta vulgatissima* L.

— *Scarabæidæ : Melolontha vulgaris* F.

Hémiptères. *Pentatomidæ : Graphosoma lineatum* L.

La tourbe et les alluvions susjacentes m'ont fourni un certain nombre d'espèces de Mollusques dont je dois la détermination à M. Louis Germain, savoir :

1° Dans la tourbe : *Bythynia tentaculata* L., forme typique; *B. Leachi* Sheppard, *Valvata* sp., *Succinea Pfeifferi* Rossm., *Limnæa* (*Radix*) *vulgaris* K. Pfeiffer, *Planorbis* (*Tropidiscus*) *planorbis* L., *Ancylus* s. p.

2° Dans l'argile surmontant la tourbe : *Bythynia tentaculata* L., *B. tentaculata* var. *producta* Menke, *Valvata cristata* Müll., *Helix* sp., *Succinea putris* L., *Limnæa* (*Stagnicola*) *palustris* Müll., *L.* (*Stagnicola*) *limbata* Zeigl., *L.* (*Stagnicola*) *vulnerata* Küster, *L.* (*Galba*) *truncatula* Müll., *Planorbis* (*Tropidiscus*) *planorbis* L., *P.* (*Paraspira*) *septemgiratus* Zeigl.

3° Dans les limons : *Bythynia tentaculata* L., *Helix* (*Fruticicola*) *hispida* L. et sa var. *foeni* Luc., *Succinea putris* L., *S. parvula* Pascal, *Limnæa* (*Stagnicola*) *palustris* Müll., *L.* (*Stagnicola*) *palustris fusca* Pfeiff., *Planorbis* (*Paraspira*) *septemgiratus* Zeigl.

Plus des deux tiers des insectes cités sont des formes aquatiques ou ripicoles ou recherchant au moins les localités froides et humides; elles sont mêlées à quelques formes de terrains secs. Presque toutes appartiennent d'ailleurs à des espèces habitant encore la région. Cependant il en est une (*Gyrinus elongatus* Aubé) qui n'existe plus dans la région parisienne et que l'on n'observe aujourd'hui, dans l'Europe moyenne, que dans les régions littorales voisines de la Manche et de l'Océan, et, d'autre part, en Allemagne, dans le Wurtemberg et l'Oldenbourg. Il est très remarquable que l'un des Mollusques mentionnés ci-dessus (*Planorbis septemgiratus* Zeigl.),

qui habitait la région de Villeneuve-Saint-Georges et de Choisy-le-Roi jusqu'à l'époque du dépôt des limons, ait suivi le même mouvement de retrait que le *Gyrinus* et ne se rencontre actuellement que dans certaines parties de la France occidentale et en Bavière (L. Germain).

Il résulterait de ces faits que, postérieurement au dépôt de la tourbe de Villeneuve-Prairie, il se serait créé, dans la région parisienne, un foyer d'extinction d'espèces qui se serait étendu, d'une part jusqu'au voisinage du littoral maritime, et, d'autre part, jusque dans l'Allemagne occidentale.

Le manque total de débris de Coprophages est frappant et dénote l'absence de troupeaux de Ruminants dans la plaine dont il s'agit à l'époque du dépôt de la tourbe; il constituerait une présomption en faveur de la différence d'âge de la formation de ce dépôt et des agglomérations néolithiques du voisinage, et serait en faveur de l'hypothèse de l'âge infranéolithique de la tourbe (¹).

Il y a lieu de noter, enfin, que la tourbière de Villeneuve-Prairie occupe le fond du chenal aujourd'hui colmaté qui, probablement à la fin du pleistocène, reliait la basse vallée de la Marne à celle de la Seine par le marais de Sucy, la ferme de l'Hôpital et l'arrêt de Villeneuve-Prairie (²), chenal qui servait probablement de déversoir au trop plein des eaux de la Marne. Le plan d'eau de cette rivière à Bonneuil est plus élevé d'environ 3^{m} que celui de la Seine à Choisy-le-Roi, et, dans cette région, même en saison sèche, une nappe souterraine s'écoule en permanence de l'Est à l'Ouest dans la direction du thalweg de la Seine, à travers l'épaisseur des alluvions.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Hypéricacées. Développement de l'embryon chez l'*Hypericum perforatum *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. L. Guignard.

D'une manière très générale, chez l'*Hypericum perforatum*, les deux cellules, *ca* et *cb*, du proembryon bicellulaire (*fig.* 1) se segmentent transversalement (*fig.* 2 et 3) pour donner une tétrade de quatre éléments superposés, *l*, *l'*, *m* et *ci* (*fig.* 4). L'élément supérieur, *l*, se partage toujours

(¹) A. Laville (1899, 1900, 1901) a insisté sur l'existence de niveaux infra-néolithiques à la base des limons récents, dans la région de Villeneuve-Saint-Georges.

(²) Voir la Carte géologique des environs de Paris au $\frac{1}{40000}$ dressée par le Service de la carte géologique détaillée de la France (1890).

verticalement en deux cellules juxtaposées (*fig.* 11 à 21); celles-ci se segmentent peu après de la même manière (*fig.* 22, 30) pour engendrer quatre quadrants nettement disposés dans un plan horizontal; par segmentations transversales, les quatre quadrants donnent naissance à quatre octants supérieurs (*fig.* 31 à 33, *os*) et à quatre octants inférieurs, *oi*, dont les processus



Fig. 1 à 36. — *Hypericum perforatum* L. — Les premiers stades du développement de l'embryon jusqu'au moment de la différenciation de l'hypophyse. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m* et *ci*, cellules-filles de *cb*; *l* et *l'*, cellules-filles de *ca*; *d* et *f*, cellules-filles de *m*; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *u* et *i*, les deux cellules superposées issues de *l'*. *os*, octants supérieurs; *oi*, octants inférieurs; *h*, hypophyse. G. = 260.

ultérieurs des cloisonnements et le rôle histogénique sont identiques à ceux des octants supérieurs et inférieurs qui se différencient chez le *Capsella Bursa-pastoris*.

L'élément, *l'* de la tétrade (*fig.* 4) se partage horizontalement en deux cellules superposées, *u* et *i*, (*fig.* 15, 19); celles-ci se segmentent un peu plus tard de la même manière pour donner quatre éléments plus ou moins aplatis, nettement placés les uns au-dessus des autres : en 15, 18, 24, 25, 27, 29, on peut se rendre compte de la division transversale de la cellule supérieure *u*; en 17, 20, 24, 29, 30, les deux cellules-filles issues de *i* apparaissent distinctement. C'est ordinairement aux dépens de la cellule-fille

supérieure de *u*, ainsi qu'il ressort de l'examen des figures 30 et 33, que se différencie une cellule hypophysaire, tout-à-fait comparable à celle que l'on observe chez le *Capsella Bursa-pastoris*, par son mode d'individualisation, ses processus de segmentation et ses fonctions (*fig.* 33, 35, 36). La cellule-fille inférieure de *u* et les descendantes de *i* participent, avec tous les éléments issus des cellules *m* et *ci* de la tétrade, à la construction d'un suspenseur, étiré inférieurement, dont les figures 20 à 36 reproduisent la composition et la configuration extérieure.

Ces règles générales qui président à la marche des segmentations subissent des variations assez fréquentes. Ainsi, la cellule apicale *ca*, se diviserait parfois verticalement, comme le démontreraient les formes embryonnaires représentées en 9, 12, 13, 14, 22; dans ce cas, l'embryon proprement dit tirerait tout entier son origine, non de la cellule supérieure *l*, mais de sa cellule-mère, c'est-à-dire de la cellule apicale *ca*, comme cela se produit chez le *Capsella*. Les cellules *u* et *i* peuvent se segmenter verticalement, soit l'une et l'autre, soit l'une ou l'autre seulement, comme on peut le voir en 16, 27, 28; quand *u* se divise verticalement, cette cellule devient nécessairement la cellule hypophysaire. Enfin la cellule *m* de la tétrade, qui normalement se segmente transversalement, se partage dans bien des cas par des cloisons obliques ou verticales (*fig.* 8, 11, 17, 24, 25) pour engendrer un groupe cellulaire assez irrégulier correspondant à la portion médiane assez renflée du suspenseur.

En somme, si l'on considère la disposition des premiers blastomères, l'*Hypericum perforatum* offre surtout des analogies avec les espèces, telles que le *Linum catharticum*, qui possèdent des proembryons dits filamenteux; si, d'autre part, l'on envisage les règles selon lesquelles la cellule supérieure du proembryon donne naissance à l'embryon proprement dit, le mode de différenciation et les fonctions de l'hypophyse, l'embryon de l'*Hypericum* peut être très étroitement comparé à celui du *Capsella Bursa-pastoris*. Il présente néanmoins un caractère qui lui est propre, consistant dans ce fait très général que l'embryon proprement dit tire tout entier son origine de la cellule-fille supérieure, *l*, de la cellule apicale du proembryon bicellulaire.

BOTANIQUE. — *Nouvelles observations sur la structure des Cyanophycées.* Note de M. **A. Guilliermond**, présentée par M. Molliard.

Dans des recherches déjà anciennes, nous avons montré que le *corps central* décrit par Bütchli dans les Cyanophycées correspond comme le pensait cet auteur à un noyau peu différencié, et non à une vacuole remplie de réserves ainsi que l'admettaient d'autres botanistes. Nous avons établi

par contre que les formations désignées par Bütchli sous le nom de *grains rouges*, en raison de leur métachromasie et considérées par ce savant comme des grains de chromatine sont assimilables aux corpuscules métachromatiques observés dans les Bactéries, les Champignons et certaines Algues. Seulement, dans les Cyanophycées, ces corpuscules, au lieu d'être localisés dans les vacuoles comme partout ailleurs, sont situés dans le noyau. Cette localisation de ces corpuscules dans le corps central se comprend difficilement aujourd'hui que nous savons, à la suite des travaux de Dangeard et des nôtres, que les corpuscules métachromatiques sont le résultat de la précipitation sous l'influence des colorants vitaux et des fixateurs d'une substance (métachromatine) se trouvant à l'état de solution colloïdale dans les vacuoles. Elle était donc de nature à mettre en doute la signification nucléaire du corps central et nécessitait de nouvelles observations.

Nous avons pris comme matériel d'études le *Phormidium favosum* que nous avons déjà observé dans nos recherches antérieures, ainsi qu'un certain nombre d'autres espèces : *Oscillatoria limosa*, *Tolypothrix lanata*, *Hydracoleum Brebessonii* et *Nostoc muscorum* a. g.

Sur le vivant, ces Algues montrent un cytoplasme pariétal imprégné de pigment chlorophyllien et un corps central volumineux, d'aspect hyalin. Dans le cytoplasme, on distingue souvent un plus ou moins grand nombre de globules réfringents qui ont l'apparence de globules oléagineux, mais qui n'en ont aucune des réactions; ils paraissent correspondre aux *grains de Cyanophycine* des auteurs.

Les colorations vitales n'ont guère été employées jusqu'ici que par Massart qui a obtenu la fixation de ces colorants sur le corps central et s'est servi de ce fait comme argument contre la théorie nucléaire du corps central. Elles sont parfois difficiles à réaliser en raison de leur difficulté de pénétration à trouver la gaine mucilagineuse. Le rouge neutre, les bleus de méthylène, de crésyl et de Nil permettent cependant d'obtenir au bout d'un temps plus ou moins long la coloration de petites vacuoles remplies de métachromatine disposées, non dans le corps central, mais dans la couche cytoplasmique autour du corps central. Ces vacuoles sont très petites et très nombreuses et se colorent d'une manière homogène par les colorants vitaux. Le plus souvent, elles sont rondes, mais elles peuvent prendre dans certains cas l'aspect de bâtonnets disposés parallèlement sur toute la longueur de la cellule. Ces vacuoles ne tardent pas à se gonfler sous l'influence du colorant et finissent par devenir assez grosses, donnant au cytoplasme tout entier

un aspect alvéolaire. Parfois, on donne à leur intérieur la production par précipitation de petits corpuscules très fortement colorés. Ce n'est que lorsque les cellules meurent, et au bout d'un temps assez long, que le corps central se colore; à ce moment généralement les vacuoles se décolorent. Il arrive cependant dans certains cas, après coloration au bleu de méthylène, que le noyau se colore alors que les vacuoles sont encore colorées; le corps central apparaît alors avec une teinte bleu foncé au milieu d'un cytoplasme bourré de petites vacuoles à couleur rougeâtre. Les colorations obtenues par Massart étaient donc des colorations postvitales. On peut conclure de ces faits que la métachromatine apparaît dans de petites vacuoles disséminées dans le cytoplasme et non dans le noyau lui-même, contrairement à l'opinion admise par tous les auteurs.

Le vert jaune et le violet de Dahlia ne teignent pas en général les vacuoles et se fixent seulement sur le noyau dans les cellules qui meurent.

Après fixation par le liquide de Bouin ou celui de Leuhonik et coloration par l'hémaline, le cytoplasme apparaît faiblement coloré et les grains de cyanophycine qui s'y trouvent inclus prennent une teinte bleue plus foncée. Le corps central est représenté par un réseau chromatique assez fortement coloré qui paraît inclus dans un nucléoplasme moins coloré. Le réseau chromatique présente pendant le cloisonnement des stades de division extrêmement nets qui se manifestent par une disposition plus ou moins parallèle des filaments et un étranglement médian. Ce mode de division peut être regardé comme un type un peu intermédiaire entre l'amitose et la mitose. Les stades de cloisonnement étant extrêmement fréquents, on peut donc supposer, avec Dehorne, que la structure spéciale du noyau est due au fait que cet organe ne passe jamais par un stade de repos.

Quant aux corpuscules métachromatiques, ils apparaissent le plus souvent dans le corps central. Cependant, on trouve des cas où les corpuscules semblent plutôt disposés autour du corps central que dans son intérieur; cette disposition est particulièrement nette dans le *Nostoc muscorum* qui se distingue des autres espèces par un corps central beaucoup plus condensé. Aussi doit-on admettre, en s'appuyant sur les résultats obtenus par l'observation à l'aide des colorants vitaux, que ces corpuscules résultent de la précipitation par le fixateur de la métachromatine contenue dans de petites vacuoles situées en dehors du corps central, et que leur disposition intranucléaire n'est qu'un artifice de préparation.

Les méthodes mitochondriales ne donnent que de médiocres résultats, parce qu'elles colorent avec une grande intensité le cytoplasme et que cette

coloration résiste à une longue régression, si bien que le corps central n'apparaît que d'une manière très imparfaite. Il nous a été impossible d'obtenir la différenciation des mitochondries et, contrairement à l'hypothèse formulée par Dehorne, on ne saurait assimiler les grains de cyanophycine à des mitochondries, bien que ces grains paraissent riches en lipoïdes. On pourrait supposer, d'après son comportement vis-à-vis des méthodes mitochondriales, que le cytoplasme renfermerait, dans ces Algues très primitives, de la substance mitochondriale à l'état diffus.

Ainsi, il résulte de nos recherches que la cellule des Cyanophycées renferme de nombreuses vacuoles, très petites, remplies de métachromatine (vacuome) qui sont localisées dans le cytoplasme et non dans le corps central (noyau).

PHYSIOLOGIE. — *Sur la contraction extrême consécutive à la congélation du muscle strié chez la grenouille.* Note de M. **J. Nageotte**, présentée par M. d'Arsonval.

La contraction extrême, définie dans une précédente Note [1], peut être produite par d'autres excitants que le courant faradique : excitation chimique, hyperthermie, congélation. Ses caractères essentiels restent les mêmes, mais l'aspect histologique varie suivant les cas. Physiologiquement, ces différents modes d'excitation se distinguent du courant faradique en ce qu'ils tuent le muscle : la contraction qu'ils provoquent est irréversible.

La présente Note est consacrée à la contraction extrême qui se produit au moment du réchauffement d'un muscle congelé à basse température (audessous de − 8°). Ce phénomène a été étudié récemment, au point de vue physiologique par Bottazzi [2]; j'en ai fait connaître les particularités histologiques dans mon cours de l'an dernier.

Un muscle couturier de grenouille est déposé sur la platine à acide carbonique et congelé; il devient instantanément blanc, opaque et cassant; en se réchauffant il reprend d'abord sa couleur et sa translucidité, puis sa souplesse; mais alors il commence à se contracter lentement et ne s'arrête qu'après s'être raccourci des trois quarts de sa longueur.

A ce moment le muscle est rigide et insensible à tous les excitants. Les

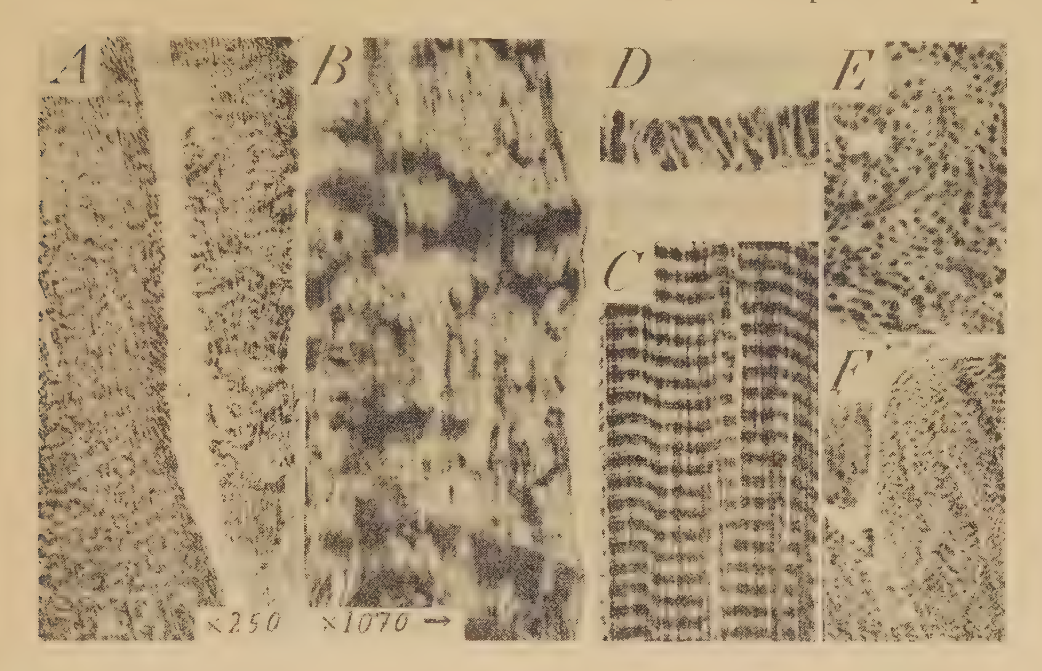
---

(1) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 761.

(2) *Rendiconti dell' Accademia dei Lincei*, 6e série, 1, 1925, p. 68.

figures A et B montrent l'aspect des coupes longitudinales pratiquées dans le muscle fixé immédiatement après sa contraction et les analogies que cette forme de contraction extrême présente avec celle obtenue par l'excitation faradique.

Le raccourcissement du muscle dû à la décongélation dépasse celui qui



est provoqué par la faradisation (75 pour 100 au lieu de 66 pour 100); pourtant il ne semble pas que les portions contractées des myofibrilles soient plus épaissies.

En réalité les myofibrilles sont capables d'un raccourcissement beaucoup plus grand que ne le permet la structure anatomique du muscle; j'ai montré que ce raccourcissement dépasse certainement 80 pour 100 dans les portions contractées à l'extrême. Or le muscle, dont le volume ne change pas pendant la contraction (Ranvier), ne peut pas se raccourcir à ce point : sa trame conjonctive, le myolemme et, sans doute aussi, la constitution intime du protoplasma de ses faisceaux sont autant d'obstacles qui diminuent sa plasticité. C'est sans doute pour cette raison que la contraction extrême des myofibrilles, sauf dans un cas particulier que j'indiquerai plus loin, se produit non pas sur toute leur étendue, mais dans des espaces limités. Là où les portions contractées des myofibrilles se groupent transversalement dans le faisceau musculaire, leur gonflement est tel que l'insuffisante

extensibilité du myolemme ne leur permet pas de s'espacer; tous les constituants fluides du protoplasma sont chassés vers les territoires non contractés, où les myofibrilles, non épaissies, sont écartées les unes des autres par suite du gonflement général du faisceau musculaire; il se forme là des réservoirs où s'accumulent les fluides sous une pression qui fait obstacle à la contraction totale des myofibrilles. Ceci permet de supposer que, dans la contraction extrême, certains territoires myofibrillaires prennent une légère avance et que leur raccourcissement a pour conséquence de bloquer la contraction des territoires retardataires, d'où la singulière disposition observée.

Dans la contraction consécutive au réchauffement du muscle congelé, l'aspect des coupes montre une altération considérable des constituants protoplasmiques, qui ont pris un aspect flou (*fig.* B), très différent de ce que l'on observe dans la contraction faradique. Il est évident que la congélation a libéré une substance corrosive, et c'est là, sans doute, ce qui, en augmentant la plasticité du muscle, lui permet un raccourcissement plus grand.

L'altération est encore beaucoup plus considérable si l'on attend quelques minutes avant de fixer le muscle. Voici comment l'expérience peut être conduite : le muscle est congelé après avoir été tendu sur du liège; il lui est impossible de se contracter après réchauffement, mais la contraction se produit si on le libère au bout de 1 minute; elle est plus faible au bout de 2 minutes et ne se produit plus au bout de 3 minutes; si à ce moment on fixe le muscle, les coupes histologiques montrent la substance contractile, complètement désorganisée, fragmentée en tronçons rétractés à l'intérieur du myolemme.

Si maintenant, au lieu de fixer par l'alcool un muscle décongelé, contracté ou maintenu artificiellement en extension, on débite directement la pièce encore congelée en coupes longitudinales, recueillies dans l'eau salée, on observe le phénomène bien connu de la fragmentation des faisceaux musculaires en disques minces; ces disques, en raison de leur régularité, ont été considérés comme des segments élémentaires libérés par dissolution du ciment qui les unissait. Il n'en est rien; ils répondent chacun à un groupe d'au moins 20 à 30 segments, en état de contraction extrême. Par suite des conditions mécaniques amenées par le débitage en coupes et par le réchauffement brusque de ces coupes, il se trouve que la contraction violente produit la fragmentation des faisceaux en tronçons d'une régularité remarquable. On peut fixer ces tronçons et les débiter en coupes minces parallèles (*fig.* D)

ou perpendiculaires aux myofibrilles (*fig.* E). On constate alors que, toutes les parties fluides ayant pu être expulsées (myosine), la contraction extrême des myofibrilles est totale; d'autre part, le lavage immédiat dans l'eau salée a fait disparaître la substance délétère et les coupes ne présentent plus les altérations signalées plus haut. La comparaison de la figure E avec la figure F, qui représente une coupe normale, montre l'épaississement des fibrilles contractées.

Enfin si, avant tout réchauffement, on plonge le muscle congelé dans l'alcool absolu à $-15°$, la fixation s'opère sans la plus petite altération et les coupes ne peuvent être distinguées de celles d'un muscle vivant, fixé tendu dans l'alcool à la température ambiante.

De ces constatations il faut rapprocher l'expérience de Hürthle ([1]), qui a vu se contracter par réhydratation des muscles d'insectes desséchés à l'état congelé.

PHYSIOLOGIE. — *Analogie de l'action hormonique des glandes génitales mâles et femelles sur la crête des Gallinacés.* Note de MM. **Ch. Champy** et **N. Kritch**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

L'un de nous a signalé chez les Vertébrés inférieurs tout une série de faits qui montrent que les glandes génitales mâles et femelles ont, à leur période de maturité, une action analogue sur certains caractères sexuels annexes.

Ce parallélisme d'action du testicule et de l'ovaire sur certains phénomènes de développement déterminés peut être mis en évidence chez les Oiseaux par l'étude de l'évolution du tissu muco-élastique de la crête des coqs.

Ce tissu présente d'ailleurs une structure analogue à celui qui se développe périodiquement dans le cloaque des tritons de l'un et de l'autre sexe et qui régresse en dehors de la période des amours ou encore par castration : c'est un tissu aréolaire, les aréoles étant occupées par une substance mucoïde, les travées cytoplasmiques étant pourvues d'un réseau élastique fin et abondant. Ce tissu occupe une place importante dans la crête du coq normal. Le tissu vasculaire proprement dit ne forme qu'une mince couche superficielle.

Le tissu mucoïde apparaît de bonne heure (poulet de 150^g), de la base à la pointe de la crête, dans l'épaisseur du tissu conjonctif situé sous la lame

---

([1]) *Pflüger's Archiv*, **126**, 1909, p. 129.

vasculaire superficielle. Il est permanent chez l'adulte : c'est lui qui donne à la crête sa consistance ferme.

Chez le castrat, il disparaît complètement, la crête étant réduite aux autres tissus qui subissent des transformations bien moindres. (Il faut excepter l'épithélium qui s'atrophie chez le castrat, et élabore des couches cornées épaisses donnant à la crête l'aspect farineux.)

La régression du tissu muco-élastique commence très vite après la castration, alors que la diminution du volume de la crête est encore insensible. Il se régénère rapidement, dès qu'un fragment de glande génitale en régénération atteint le minimum efficace déterminé par Pezard. Le même tissu existe dans les barbillons, il subit chez le castrat une régression analogue.

La crête de la poule qui ne pond pas (jeune poulette ou poule au repos hivernal) ne renferme pas de tissu de cette sorte, et ressemble à la crête du castrat. Quand la poule va commencer à pondre, ce tissu apparaît en plein tissu conjonctif dense. Il semble un peu moins développé que chez le coq, et disparaît quand la ponte cesse.

Il n'y a d'ailleurs aucune différence structurale essentielle entre la crête des poules et celle des coqs. L'aspect penché de la crête dans certaines races est une anomalie fixée, due à un faisceau dissymétrique de fibres élastiques. Il manque dans beaucoup de races et notamment chez les espèces sauvages.

Il est remarquable de constater que le tissu particulier que nous avons décrit et qui est un *véritable réactif spécifique de l'action hormonique* des glandes génitales, puisqu'il disparaît par castration, réagit aussi bien à la glande femelle qu'à la glande mâle, comme cela se produit chez les tritons et autres vertébrés à activité cyclique. Mais chez les vertébrés inférieurs, l'action de la glande sur ce tissu est cyclique dans les deux sexes.

Chez les Oiseaux s'établit une importante particularité : *l'action tend à devenir permanente et précoce chez le mâle et reste cyclique chez la femelle.* La même différence s'observe chez la plupart des Mammifères, dans beaucoup de phénomènes de développement sexuel.

La nature hormonique de l'action du testicule sur la crête des Oiseaux paraît bien établie par les recherches de Pezard et Caridroit. Il semble difficile d'admettre que des substances différentes aient une action aussi semblable sur un même réactif physiologique. Il est plus conforme aux faits de penser que les glandes génitales des deux sexes élaborent une substance commune, permanente chez le coq, périodique chez la poule.

Il est à noter que cette idée a pour conséquence celle de la pluralité des

hormones sexuelles, car il est incontestable qu'il y a des phénomènes de développement hormonique propres à chacun des sexes, dus à des substances spécifiques de l'un d'eux et qui, d'ailleurs, ne coïncident pas dans leur évolution avec les phénomènes de l'ordre de ceux que nous venons d'étudier.

CYTOLOGIE. — *Vacuome et appareil de Golgi chez les Vertébrés.* Note de M. **Marcel Avel**, présentée par M. F. Mesnil.

Dans des travaux commencés en 1924, et qu'ils poursuivent, MM. Parat et Painlevé assimilent l'appareil de Golgi à un ensemble de vacuoles, très généralement indépendantes, qu'ils découvrent dans les cellules animales colorées vitalement au rouge neutre. Au moment de l'excrétion, dans les cellules glandulaires, ces vacuoles pourraient s'unir en un vague réseau, mais transitoire. En général, le réseau de Golgi serait un artifice de préparation. Il résulterait « *d'une confluence artificielle de vacuoles due à l'action du fixateur et renforcée par le dépôt d'argent ou d'osmium* » (1).

Examinons successivement les deux temps de formation de l'artifice : 1° *Les vacuoles conflueraient.* Nous avons éprouvé pendant des mois la valeur des techniques d'imprégnation métallique qu'on emploie pour révéler l'appareil de Golgi. Nous rejetons la technique de Golgi, qui débute par une mauvaise fixation. Nous employons rarement la technique de Cajal, avec laquelle la réussite n'est pas sûre. Les techniques d'imprégnation par l'osmium sont les meilleures. Nous commençons par des fixations osmiques après lesquelles tous les éléments de la cellule : noyau, mitochondries, granules variés, bordures en brosse, vacuoles, sont conservés sensiblement avec l'aspect qu'ils ont sur la cellule vivante. Les vacuoles ne confluent jamais, quels que soient leur nombre et leur taille. Exceptionnellement, lorsque plusieurs grandes vacuoles sont en contact intime, une partie des cloisons très minces qui les séparaient sur le vivant peut disparaître, mais sans que les vacuoles se déforment. 2° *L'osmium se déposerait ensuite dans les vacuoles.* La fixation des pièces est suivie d'une imprégnation osmique (séjour d'une durée variable dans une solution de OsO^4 à 2 pour 100 à l'étuve à 40°). Lorsqu'on la prolonge, l'osmium finit par se précipiter partout dans le cytoplasme, en particulier autour des

(1) *Bulletin d'Histologie appliquée*, 2, n° 2, 1925, p. 40. En italiques dans le texte.

vacuoles. Il les souligne ainsi sans jamais se déposer à leur intérieur, même dans les cas, rares, où elles ont pu entrer en communication. Les méthodes récentes d'imprégnation par l'osmium, après fixations osmiques, échappent donc aux critiques formulées par Parat et Painlevé. Les résultats qu'ont donné et donnent ces méthodes conservent leur valeur.

En ce qui concerne les méthodes de coloration vitale employées par Parat et Painlevé, l'interprétation des résultats obtenus par injection d'un colorant vital à un animal entier se heurte à des difficultés. Disons seulement que le rouge neutre n'est pas, comme le prétendent ces deux auteurs, *le colorant spécifique des vacuoles protoplasmiques* ([1]). Il colore aussi beaucoup d'inclusions solides. Dans le segment à bordure en brosse du rein, les vacuoles se colorent tardivement, longtemps après un ensemble de granules réfringents. Ces granules sont presque solides puisqu'ils peuvent avoir des angles assez vifs et que les solutions fortement hypertoniques (NaCl à 7 pour 100) ou hypotoniques (eau distillée) les contractent ou les gonflent à peine.

Nous n'accordons une valeur absolue, provisoirement, qu'à l'observation de la cellule vivante, avant que ses mitochondries aient commencé à se vacuoliser, et sans addition de colorant. Dans ces conditions, les cellules des principaux tissus des Amphibiens, par exemple, ne montrent pas toutes des vacuoles. Quand elles en renferment, on peut les distinguer, par des caractères de réfrigérence, des autres inclusions cytoplasmiques. Après nos fixations osmiques, nous retrouvons ces vacuoles, et toutes les autres inclusions cytoplasmiques, bien conservées. L'imprégnation ultérieure nous révèle d'une façon très constante l'appareil de Golgi : il ne se superpose à rien de ce qu'on pouvait voir sur le vivant.

Nous avons pratiqué ces examens sur le vivant, ces fixations et ces imprégnations, sur des amphibiens (tritons, grenouilles, crapauds) abondamment nourris ou à l'inanition, après ou sans injection de colorants vitaux. L'appareil de Golgi s'est toujours révélé indépendant, et des vacuoles, naturelles ou artificielles, et des granules solides colorables ([2]). Cet appareil, parfois en réseau plus ou moins lâche, parfois en bâtonnets séparés, apparaît d'emblée avec sa forme et ses dimensions définitives. D'abord d'un gris pâle, il devient, quand l'imprégnation progresse, de plus en plus foncé, pour aboutir au noir absolu. Dans la cellule fixée, avant l'imprégnation, sa place ne se signale par aucune tache foncée ni aucun espace clair.

([1]) *Loc. cit.*, p. 38. En italiques dans le texte.

([2]) Nous réservons la question des relations de genèse entre l'appareil de Golgi et les diverses inclusions cytoplasmiques.

La constance des images qu'on obtient, après des fixations excellentes, élimine l'idée qu'elles seraient purement artificielles. D'ailleurs, les cellules génitales des Pulmonés, qui nagent isolément dans un liquide et qu'on observe facilement dans d'excellentes conditions, montrent un appareil de Golgi très net sur le vivant (fait classique) et que nos techniques d'imprégnation par l'osmium nous révèlent sans modification sensible. Cet appareil de Golgi a des caractères trop spéciaux pour que nous généralisions ce résultat; toutefois, il est vraisemblable que les autres cellules animales, après des fixations et des imprégnations identiques, nous montrent un appareil de Golgi pas trop déformé.

En résumé : 1° La présence d'un système permanent de vraies vacuoles, remplies d'un liquide aqueux, dans toutes les cellules animales, demanderait à être établie avec plus de rigueur.

2° Les vacuoles, préexistantes ou non, que colorent le rouge neutre et les autres colorants vitaux sont, au moins chez les Vertébrés, indépendantes de l'appareil de Golgi, dont la conception classique subsiste.

ZOOLOGIE. — *Sur la morphologie et l'origine des ongles du tarse des insectes.* Note de M. **René Jeannel**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Tous les morphologistes sont d'accord pour admettre que la patte des Insectes dérive du même type primitif que celle des Crustacés. Elle a donc été tout d'abord formée de huit articles, à savoir : trois du sympodite : præcoxa, coxa, basis, et cinq de l'endopodite : ischium, meros, carpos, propodos et dactylos.

Quand on compare la patte d'une larve de Coléoptère, comme celle d'un Carabique, avec le péréiopode d'un Crustacé marcheur, comme celui d'un *Asellus*, dont les divers articles ont été certainement identifiés avec exactitude, on constate que les deux appendices sont absolument superposables. Je ferai d'ailleurs la preuve de cette affirmation dans une Note ultérieure. Retenons seulement ici que l'ongle unique, terminant la patte d'une larve de *Trechus* (Coléoptère Carabique), n'est pas une simple phanère, mais est l'article terminal de l'appendice, ou dactylos lui-même. Cet ongle unique est creux, son articulation est semblable à celle des autres articles; ses mouvements sont produits par le jeu d'un muscle spécial, le long fléchisseur du tarse; sa surface enfin porte des phanères comparables aux épines dactyliennes des Crustacés Isopodes. Quand la patte des larves de Coléoptères se termine par deux ongles, ceux-ci sont souvent inégaux. Le grand ongle,

placé du côté antérieur est alors le dactylos; l'autre qui se trouve du côté postérieur est une phanère, une épine distale du propodos, spécialisée à la fonction de griffe. Cet ongle phanère est d'ailleurs très comparable au *talon du propodos* qui se trouve à la même place chez les *Asellus*.

L'ongle unique, ou l'ongle antérieur des pattes biongulées, des larves de Coléoptères représentent donc le dactylos. L'avant-dernier article de ces pattes, qui porte l'ongle, est par suite le propodos. Il faut noter que presque toujours l'extrémité distale de ce propodos porte deux épines tergales, égales, qui s'avancent au-dessus de la face tergale de l'ongle.

La patte des Coléoptères adultes se termine par un tarse de plusieurs articles, dont le dernier ou onychium est armé de deux grands ongles toujours absolument symétriques. Tous les auteurs qui ont traité de la morphologie de la patte s'accordent pour considérer cet onychium comme le dactylos, ou comme une partie apicale de ce dactylos, dont deux phanères distales se sont spécialisées pour former les ongles. Or, on va voir que cette interprétation est insoutenable.

Le dactylos, article terminal de l'appendice, a des caractères particuliers qui se retrouvent chez tous les Crustacés. Il se termine toujours par une seule phanère ou par des phanères disposées en rangée longitudinale. On ne peut pas comprendre que des phanères ainsi disposées aient pu donner deux ongles absolument symétriques, comme le sont toujours les ongles des Coléoptères.

Si l'on examine, par contre, le sommet de l'onychium de n'importe quel Ptérygote, on constate qu'il s'y trouve un petit organe qui, lui, présente tous les caractères d'un dactylos. On a souvent noté sa présence, mais sans y attacher d'importance, sauf en ce qui concerne ses adaptations. C'est lui qui devient par exemple le pulville des Hyménoptères. Pour bien en saisir la nature il faut l'examiner lorsqu'il est simplement réduit à son état d'organe rudimentaire, et c'est le cas chez les *Trechus* que je prends pour type de ma description.

Cet organe, que j'appellerai « nodule unguéal » a l'aspect d'un petit noyau de chitine pyriforme, libre et enchâssé dans une cupule apicale de l'onychium par sa partie basale renflée. Sa partie distale porte une phanère unique, en forme de languette hyaline, courte chez le *Trechus*, mais très longue chez les *Bathysciinæ*, ou même parfois bifide, quoique unique, chez les Staphylins. Cette phanère semble être un organe tactile. La face tergale du nodule est unie aux ongles, qui s'insèrent en arrière de lui, par une membrane fibreuse. La face sternale par contre est rattachée au bord distal

de l'onychium par une membrane élastique. La base du nodule unguéal enfin reçoit l'insertion du muscle long fléchisseur du tarse, dont la partie proximale s'attache dans le fémur et le long tendon traverse le tibia et le tarse sans y prendre d'insertions. La flexion des ongles est produite par le jeu de coulisse du nodule unguéal, tiré par le long fléchisseur; le mouvement antagoniste d'extension résulte de l'action de la membrane élastique.

Sans aucun doute, ce nodule unguéal est le dactylos, car il en a tous les caractères. Quant aux ongles, ce sont les deux épines distales et tergales du propodos, dont j'ai signalé ci-dessus l'existence chez la larve. Ces deux épines se sont spécialisées et substituées au dactylos pour former la terminaison de l'appendice et on peut reconstituer cette évolution de la façon suivante :

Le dactylos primitif, avec sa phanère terminale unique, s'est trouvé dans l'impossibilité de s'adapter chez l'Insecte à la fonction de griffe locomotrice terrestre. Les deux épines distales et tergales du propodos se sont alors tendues au-dessus de lui et sont venues au contact du sol par-dessus sa face tergale.

Il a dû y avoir un stade évolutif où les trois phanères, les deux épines du propodos et celle du dactylos, ont reposé toutes trois sur le sol; mais le dactylos, incapable de suffire à la fonction de griffe, est entré en régression, tandis que les deux épines du propodos prenaient sa place au sommet de la patte.

En somme, le dactylos de l'Insecte, incapable d'adapter son ongle unique à la locomotion terrestre nécessitant deux ongles, a comme renoncé à l'exercice de cette fonction au bénéfice des deux épines distales du propodos. Mais il a gardé cependant sa fonction sensitive. On ne peut pas dire que le dactylos de l'Insecte porte l'homologue de l'organe dactylien des Isopodes, mais il est remarquable que ses « lanières tactiles » soient toujours des organes sensitifs.

Le dactylos existe donc, bien reconnaissable dans le nodule unguéal de tous les Insectes Ptérygotes. D'autre part les ongles sont des phanères appartenant à la partie distale du propodos représentée par l'onychium. Cette notion est très importante, car elle permettra d'établir avec précision les homologies de tous les articles de la patte des Insectes.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la limite de l'action antagoniste du spectre et l'application des radiations de grande longueur d'ondes au traitement des radiodermites et néoplasmes.* Note de MM. **Jacques Risler** et **Paul Mondain**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Certains auteurs ont déjà signalé l'action antagoniste de l'infrarouge envers les radiations de plus courte longueur d'ondes. Des expériences concluantes ont été réalisées dans le domaine photographique et physiologique. Dans ce dernier cas nous rappelons que les tissus irradiés par une source de rayons X et soumis ensuite à l'action des infrarouges en faisceaux rasants n'ont présenté aucune radiodermite ni altération histologique.

Les observations qui ont fait l'objet de la présente Communication montrent tout d'abord que l'action antagoniste des radiations n'est pas *rigoureusement* limitée dans le spectre de l'infrarouge. Cette action s'étend en effet dans le spectre visible *jusqu'à* $\lambda = 5890$ correspondant à la raie D_2 du sodium. Nous avons effectué nos constatations en utilisant un filtre en matière plastique non chargée (phénol-formol) de 2^{mm} d'épaisseur transparent pour le jaune, le rouge et environ 55 pour 100 de l'I-R. L'arc jaillit entre deux électrodes de charbon chargés à l'oxyde de chrome et aux sels de strontium et de lithium. La source des rayons X est un tube à gaz de type focus alimenté sous 25^{cm}, d'étincelle équivalente. Les expériences ont été conduites dans l'ordre suivant :

Quatre cobayes tondus sont exposés successivement aux rayons X mous (15′) et au rayonnement filtré de l'arc (30′), deux animaux témoins sont exposés seulement aux X pendant des durées correspondantes. Le 15e jour les premiers symptômes de radiodermite se déclarent sur les témoins par un érythème suivi de desquamations, le 25e jour la pigmentation de la peau vire au brun, les poils tombent par plaques vers le 30e jour et leur chute s'accentue rapidement. L'un des 2 animaux témoins pesant 690^g au début de l'irradiation tombe à 540^g le 48e jour; les globules rouges, 5 790,000 au début, tombent à 4 780,000 et l'équilibre ne se rétablit pas. Il y a par contre hyperleucocytose, 6 800 g. b. le 1er jour et 10 000 g. b. le 48e jour *sans rétablissement de l'équilibre leucocytaire* : l'observation continue.

Au contraire, les quatre sujets traités par le faisceau filtré de l'arc n'ont présenté aucun signe de radiodermite ni altération pathologique quelconque. Leur poids s'est augmenté respectivement de 50, 60, 55 et 20^g. Les alté-

rations de la numération hémoleucocytaire ne sont *que passagères. Le rétablissement de l'équilibre normal* s'effectue environ 8 heures après l'irradiation. Il faut noter cependant que chacune des deux irradiations provoque *momentanément* un abaissement du nombre de globules rouges. Exemple au 31e jour :

	Avant X.	Après X.	Après infrarouge.
Sujet n° 4	5 475 000	4 800 000	4 555 000
Sujet n° 5	5 320 000	5 045 000	4 380 000

La deuxième série de nos observations a eu pour but le traitement des radiodermites et néoplasmes par deux méthodes différentes, 1° irradiation avec l'arc à faisceau filtré comme nous l'avons décrit plus haut; 2° exposition de la lésion au rayonnement de fluorescence et de phosphorescence en *présence d'une lumière excitatrice.*

Nous rappelons à ce sujet les constatations déjà publiées sur le lupus et le cancer par MM. Jacobson et Von Tappeiner en Allemagne ainsi que les travaux récents de Wassermann sur le traitement du carcinome de la souris par les injections d'éosine-sélénium.

Traitement des radiodermites. — Le premier animal témoin qui nous a servi dans les expériences précédentes est soumis à la seule action du faisceau filtré par notre écran. A la quatrième séance, l'amélioration est très sensible; les plaques disparaissent et les poils repoussent. Un autre sujet traité dans les mêmes conditions est guéri au bout de trois séances.

Deux autres sujets (lapins) également atteints, sont traités par une technique toute différente : la partie malade est recouverte de sulfure de zinc à phosphorogène cuivre. A chaque séance on la soumet, tout d'abord, à l'action de l'arc nu ou muni d'un filtre en verre à l'oxyde de nickel (30″). Après un temps d'arrêt, on remplace le filtre à l'oxyde de nickel par le filtre de matière plastique et l'on rapproche l'arc à 12^{cm}. Sous l'action *en coup de fouet du groupe de radiations antagonistes* la plaque de sulfure de zinc réagit en présentant des phénomènes de photoluminescence remarquables. On laisse la luminescence *s'amortir* et l'on répète les différentes opérations.

On peut ainsi, à l'aide de ces excitations *différentes* provoquer des *réactions électroniques rapides* que la plaque de sulfure de zinc enregistre parfaitement. Une double émission de radiations s'exerce immédiatement sur le tissu juxtaposé.

Nous avons constaté, chez les deux sujets ainsi traités, une amélioration *particulièrement rapide.*

Dans un ordre d'idées connexes nous avons vérifié expérimentalement la confirmation de l'extension de la loi de Stokes en ce qui concerne les rayons X mous.

Un sujet irradié (bras) par les rayons X mous à travers un écran de ZnS. phosphorescent de 3mm d'épaisseur n'a présenté *aucune altération histologique* superficielle après une durée *globale d'irradiations de* 15 heures (8000 R). Les rayons X mous semblent donc s'être transformés en radiations de longueurs d'onde supérieures (luminescence).

Nous nous sommes bornés aujourd'hui à exposer les résultats obtenus et la technique que nous avons suivie : nous continuons nos travaux en employant la même méthode pour le traitement des épithéliomas néoplasiques, en rappelant l'affinité élective que paraissent avoir certaines cellules de néo-formation pour les charges d'électricité négative et les radiations de grande longueur d'onde.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur une nouvelle méthode d'extraction des alcaloïdes ou de divers composés organiques contenus dans les organes.* Note de M. **René Fabre**, présentée par M. Léon Guignard.

Au cours des recherches que nous avons entreprises sur la localisation, dans l'organisme, de divers médicaments (véronal, sulfonal, narcotine, etc.), nous avons été conduit à pratiquer de nombreuses extractions suivant la technique de Stass-Otto, modifiée par Ogier. Celle-ci, qui conduit à de bons résultats, est parfois d'une exécution assez longue et difficile et peut être avantageusement remplacée, dans bien des cas, par une méthode fondée sur la protéolyse aseptique des tissus et viscères par action diastasique.

Si l'on traite, en effet, une pulpe d'organe par la pancréatine, dans les conditions que nous allons préciser, sous l'action de la trypsine que renferme ce produit, la digestion est rapide, et l'on obtient un liquide filtrant facilement et se prêtant parfaitement aux extractions par les solvants organiques.

La technique que nous avons suivie au cours de nos recherches est la suivante :

Les organes convenablement pulpés sont délayés dans 5 parties d'eau distillée, et le mélange est porté à l'ébullition quelques instants. On laisse refroidir à 50-55°, et le produit, transvasé dans un flacon à large ouverture, est soumis à l'action de la pancréatine ajoutée au mélange dans la proportion de 1g pour 50g de pulpe. Après un

séjour de 10 à 12 heures à l'étuve à 50-55°, la protéolyse est pratiquement complète; on porte à l'ébullition et l'on sépare le résidu par centrifugation ou par filtration. Le liquide ainsi obtenu, parfaitement limpide, est traité par des solvants appropriés, soit par agitation, soit de préférence au moyen de l'appareil à épuisement continu de MM. Fayolle et Lormand, sans qu'il y ait à craindre d'émulsions tenaces, comme on en observe fréquemment, au cours de semblables manipulations. Par distillation du solvant, on obtient en général un résidu cristallisé, d'une pureté telle qu'il peut être soumis directement à l'action des réactifs caractéristiques des produits directement étudiés.

Dans le cas de différents viscères et du sérum sanguin en particulier, l'ébullition précédant l'action de la pancréatine est nécessaire afin de détruire l'antitrypsine qui s'opposerait à la protéolyse.

Dans le cas du cerveau, qui donne un liquide louche et tenant en suspension colloïdale des matières grasses et des lipoïdes, on centrifuge, on acidifie légèrement, et l'on agite avec un peu de chloroforme qui détruit l'émulsion. Après centrifugation et lavage convenable à l'eau, on obtient un liquide pouvant être soumis sans crainte d'émulsion et sans perte sensible, à l'action des solvants.

Il était nécessaire d'étudier deux points importants : à savoir l'action de la pancréatine sur les produits expérimentés et le pourcentage de substance extraite.

Les produits stables, tels que la strychnine, la narcotine, le véronal, le sulfonal, ne sont nullement altérés par cette action diastasique; les composés plus fragiles, tels que l'atropine, la cocaïne, la morphine, ont pu, de même, être caractérisés par leurs constantes physiques : point de fusion, pouvoir rotatoire.

D'autre part, en opérant avec soin, l'extraction est presque quantitative. Nos essais, qui seront décrits en détail dans un autre Recueil, ont porté sur des doses ne dépassant pas 0^{g},05 de produit étudié, mélangé à 100^{g} de viscères. Même si la manipulation était effectuée après une longue durée de contact du composé avec la pulpe, le rendement n'a jamais été inférieur à 80 à 85 pour 100 du poids de la substance ajoutée.

Nous avons d'ailleurs appliqué cette méthode par comparaison avec la méthode classique de Stass-Otto, modifiée par Ogier, en particulier dans le cas d'extraction du véronal des viscères d'un chien ayant absorbé 1 de ce produit. Le rendement a été meilleur et la manipulation a été beaucoup plus rapide et plus aisée, par la technique que nous proposons.

Cette méthode biochimique est susceptible de généralisation dans de nombreux problèmes très variés. Nous poursuivons actuellement nos essais par l'examen de quelques cas particuliers et par l'étude de l'application de ce procédé aux organes putréfiés, question intéressant particulièrement la toxicologie.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la présence de deux alcaloïdes dans l'*Aconitum Anthora *L.* Note de MM. **A. Goris** et **M. Métin**, présentée par M. Roux.

L'*Aconitum Anthora* L. doit son nom spécifique à ce que cette plante était considérée comme le contrepoison du « Thora » qui désignait soit le *Ranonculus Thora* L., soit l'*Aconitum Napellus* L.

L'appellation d'*Aconitum salutiferum* due à Ch. Bauhain soulignait également cette propriété antitoxique.

Cependant, certains auteurs : Hoffmann, Solier, Lobel et Prévôt prétendaient que cette espèce était aussi dangereuse que l'Aconit Napel. Aucune recherche chimique n'ayant été faite sur cet Aconit, nous avons voulu contrôler des opinions aussi contradictoires.

Pour éviter tout mélange accidentel avec l'*Aconitum Napellus* qui croît parfois dans les mêmes endroits que l'*A. Anthora*, nous avons récolté nous-mêmes cette espèce en vue de nos essais.

La plante entière (feuilles, fleurs, racines) est séchée, pulvérisée et épuisée par lixiviation avec l'alcool à 70°. La solution alcoolique est distillée et le résidu aqueux est épuisé par un mélange d'éther et de chloroforme après avoir été additionné de carbonate de soude. L'épuisement se faisant difficilement avec le mélange éthéro-chloroformique, l'extraction fut continuée au moyen du chloroforme pur.

Les solutions extractives sont distillées et le résidu est dissous dans de l'acide chlorhydrique dilué. Cette solution de chlorhydrate d'alcaloïde est purifiée par des lavages à l'éther, puis déplacée par le carbonate de soude et finalement épuisée par le chloroforme.

La substance alcaloïdique isolée est constituée par deux alcaloïdes se distinguant par leur différence de solubilité dans l'éther et le chloroforme.

Nous les avons séparés de la façon suivante :

Les alcaloïdes bruts sont dissous dans une très petite quantité de chloroforme, et cette solution est versée dans une grande quantité d'éther anhydre. Le précipité est recueilli et lavé à plusieurs reprises avec une grande quantité d'éther; on a donc un alcaloïde insoluble dans l'éther. La solution éthéro-chloroformique et les solutions éthérées de lavage sont évaporées à sec et traitées par l'éther anhydre qui dissout un nouvel alcaloïde soluble dans l'éther. A ces deux alcaloïdes, nous avons donné les

noms d'*Anthorine* pour l'alcaloïde soluble dans l'éther, et de *Pseudo-Anthorine* pour le premier, insoluble dans ce solvant.

La quantité d'alcaloïdes contenue dans la plante est approximativement de 2 pour 100 dont environ $\frac{2}{3}$ pour l'Anthorine et $\frac{1}{3}$ pour la Pseudo-Anthorine. Ces alcaloïdes ne donnent aucune réaction colorée avec les réactifs généraux des alcaloïdes (réactifs de Fröhde, Mandelin, Mecke).

On a essayé de préparer les sels, en particulier les sulfates, mais ceux-ci ont été obtenus à l'état amorphe. Le sulfate d'Anthorine qui paraissait pur avait un pouvoir rotatoire de $+15°$, en solution aqueuse à 2 pour 100.

L'action physiologique de ces alcaloïdes est des plus curieuses. L'Anthorine est peu toxique. Il faut, pour provoquer la mort d'un cobaye en injecter $0^g,00005$ par gramme, soit $0^g,025$ pour un animal de 500^g. Comparée à l'action de l'aconitine, cette dose est environ 1000 fois plus forte. La dose toxique de l'aconitine étant de $0^g,00000007$ par gramme, il faut en injecter $0^g,000035$ pour tuer un cobaye de 500^g.

La Pseudo-Anthorine est plus toxique. Il faut pour amener la mort du cobaye en injecter $0^g,000012$ par gramme, soit $0^g,006$ pour un animal de 500^g. Comparée à la dose mortelle de l'aconitine, elle est 250 fois moins toxique; par contre, elle est 4 fois plus toxique que l'Anthorine.

L'Anthorine et la Pseudo-Anthorine ont comme effets physiologiques principaux : une *paralysie des membres antérieurs* de l'animal apparaissant 20 minutes après l'injection de la dose mortelle. Cette paralysie est accompagnée de légers gémissements, de tremblements et la mort survient dans un calme relatif, environ une heure après l'injection.

L'action physiologique de l'aconitine est bien différente; on constate, quelques minutes après l'injection de la dose mortelle, une *paralysie des membres postérieurs*. Cet empoisonnement se traduit en outre par de l'oppression, des spasmes violents, des hoquets accompagnés de cris particuliers analogues à des « couac » et des vomissements filants.

La mort survient dans un dernier sursaut, généralement plus prononcé que les autres.

Ces réactions physiologiques différentielles sont intéressantes à connaître, car, ces alcaloïdes n'ayant pas de réactions chimiques bien spécifiques, il est difficile dans l'état actuel de nos connaissances, de les caractériser par une autre méthode d'une façon indiscutable. Elles permettent même de déceler de petites quantités d'aconitine mélangées à l'Anthorine et à la Pseudo-Anthorine, alcaloïdes nouveaux que nous avons isolés de l'*A. Anthora* L.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Quelques données sur la nature du principe antiscorbutique dit Vitamine C.* Note (¹) de M. N. **Bezssonoff**, présentée par M. Roux.

J'ai décrit en 1922 (²) une préparation antiscorbutique : le jus de chou frais, extrait par broyage, est aussitôt déféqué à l'acétate de Pb, débarrassé de Pb par précipitation à H^2S, concentré dans le vide à 35°, puis desséché en présence de H^2SO^4 ; toutes ces opérations effectuées en l'absence presque complète d'oxygène. Un dixième de gramme de ce produit suffit à préserver le cobaye du scorbut. Perfectionnant comme suit ce procédé, on obtient un produit beaucoup plus actif : 100 litres de jus de chou frais sont déféqués par 40 litres d'eau contenant 3200^g d'acétate de Pb et 1600^{cm^3} d'acide acétique. Le filtrat acide contenant toute la vitamine C n'est point débarrassé du Pb, mais, après concentration au quart, est amené par addition de soude à une alcalinité égale au P_H 8,2. Il se forme un précipité contenant la vitamine C. Un phénomène analogue obtenu par un procédé différent a été signalé par Zilva (1924) qui, traitant à l'acétate *basique* de Pb le jus d'orange décitraté et condensé, précipita la vitamine C. En ce qui concerne le jus de chou déféqué, le précipité obtenu par alcalinisation est dissous dans l'acide acétique à 8 pour 100. La solution contenant le facteur C est précipitée à nouveau par alcalinisation jusqu'au P_H 8,2. Le second précipité est dissous entièrement dans l'acide acétique à 8 pour 100, reprécipité et redissous comme indiqué. Le poids du premier précipité séché à 40° est de 1^{kg},5 environ, dont 65 pour 100 de Pb; le deuxième, 1^{kg}, dont 62,5 pour 100 de Pb; le troisième, 750^g, 60 pour 100 de Pb environ. Après dilution, la solution du troisième précipité est traitée par H^2S sous pression de 180^{mm} avec brassage. Ainsi, le Pb précipite quantitativement. Le liquide est évaporé dans le vide à 25° jusqu'à consistance pâteuse, repris à l'eau distillée, évaporé à nouveau. Cette opération est répétée 4 fois.

Débarrassé ainsi de l'acide acétique, le liquide est amené à la densité de 1,1. On ajoute à 1 volume du liquide 5 volumes d'alcool à 95°; le précipité formé est séparé de la vitamine contenue dans le filtrat. Ce dernier est concentré jusqu'à consistance pâteuse, puis extrait par l'alcool absolu; l'extrait évaporé à sec est repris par l'acétone absolu et définitivement évaporé à sec.

(¹) Séance du 16 mars 1925.

(²) *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 846.

Les extraits dans l'alcool et dans l'acétone absolus donnent par évaporation des aiguilles cristallines incolores. La substance obtenue est très hygroscopique et très oxydable, elle s'altère avec facilité pendant sa conservation, ce qui entrave son étude. Deux déterminations cryoscopiques de son poids moléculaire donnèrent 200 et 230; son point de fusion en tube capillaire est 47° environ. Le produit est composé uniquement de C, O et H. L'analyse élémentaire fut faite sur un échantillon avarié, la moyenne de trois analyses donna : $C = 45{,}57$; $O = 48{,}24$; $H = 6{,}19$ pour 100. Le produit est soluble dans l'eau en toute proportion, insoluble dans les éthers, la benzine, le toluène. Ce produit s'oxydant pendant sa conservation à l'état solide, donne un quinone jaune-brun. Même phénomène si l'on concentre des solutions alcooliques ou acétoniques dans des appareils insuffisamment étanches. Ce quinone est très soluble dans l'éther acétique, moins dans la benzine, le toluène, l'alcool éthylique, peu dans l'éther éthylique, *insoluble dans le chloroforme*, soluble dans les acides et alcalis concentrés. En diluant d'eau la solution acide, le quinone précipite en flocons brun-jaunes. La couleur des solutions dans les acides est rouge-cerise, ne virant pas à la dilution, et pourpre dans les alcalis avec le quinone isolé aussitôt après sa formation; jaune dans les autres cas. L'acide sulfureux le réduit. Je remercie M. Brisemoret d'avoir examiné ce quinone qu'il désigna : quinone phénolique anthracénique. Il nota que le papier-filtre, imprégné d'une solution alcoolique de ce quinone, est coloré par les vapeurs ammoniacales et décoloré par l'évaporation de NH^3. En traitant à froid une solution alcoolique de vitamine C avec H^2SO^4 concentré, la solution incolore vire au rouge, et il se forme aussi un quinone.

La solution aqueuse de vitamine C ne donne pas de réaction avec mon réactif [1], ni avec le perchlorure de fer. La conservation à l'air de solutions aqueuses, le chauffage de ces solutions faiblement acidulées, toute opération qui engendre le quinone, communique au produit la faculté de donner la réaction bleue des ortho et paradiphénols avec mon réactif et la réaction verte avec le perchlorure de fer, réaction de la pyrocatéchine. La préparation fut éprouvée sur des cobayes. On mélangea dans une caisse desséchante 1^g de produit et 99^g de saccharose sec; une dose contenant 2^{mg} de cette vitamine fut après dissolution ajoutée au son et donnée au cobaye traité; le témoin recevant le même mélange sans vitamine. Le régime de base était : 60^{cm^3} de lait autoclavé, 1 heure à 120°, avoine additionnée

---

[1] *Comptes rendus*, **173**, 1921, p. 466; *Bioch. Journ.*, **17**, 1923, p. 422.

de 4 pour 100 de levure sèche, 1 goutte d'huile de foie de morue, de la paille autoclavée, 2 heures à 120°, de l'eau. Afin de sélectionner 5 cobayes absorbant régulièrement le son vitaminé, l'épreuve débuta sur 20 traités de 500 à 600^g environ. Dix témoins de même poids furent divisés en deux lots, expérimentés successivement. Les dix-neuf premiers jours tous les cobayes absorbaient entièrement le son, l'augmentation moyenne des traités fut + 110^g, celle des témoins premier lot + 15^g; deuxième + 10^g. Ensuite, pendant 11 jours, on cessa la vitamine C aux traités. Au 30e jour, l'augmentation des traités était de 44^g; celle des témoins vivants du premier lot moins de 80^g, du deuxième moins de 77^g,5. Les traités commençant à délaisser le son, on en choisit 5 qui le prenaient le mieux, et l'on recommença à ajouter la même dose de vitamine. Au 63e jour, quatre cobayes traités pesaient 85, 54, 15 et 5^g de plus que leurs poids initial; le cinquième qui ne prenait pas le son : — 40^g. Le premier lot témoin succomba du 30e au 40e jour; le deuxième du 21 au 36e. Leur perte moyenne fut 212 et 186^g. On poursuivit l'expérience jusqu'au 73e jour avec deux cobayes qui prenaient bien le son; à ce jour leur poids accusait un excédent de 75 et 15^g.

Conclusions. — A partir du jus de chou frais traité à l'abri de l'oxydation, on obtient une substance cristallisant en aiguilles dans l'alcool absolu et l'acétone. Ce produit préserve les cobayes du scorbut à des doses journalières inférieures à 2^{mg}. C'est un hydrocarbone donnant un dérivé aux réactions de l'orthodiphénol. L'oxydation de cette substance donne un quinone qui semble être phénolique anthracénique.

MICROBIOLOGIE. — *Bacilles pyocyanoïdes de la variété mélanogène.* Note de M. C. Gessard, présentée par M. Roux.

Je me suis proposé d'obtenir des bacilles pyocyanoïdes de la variété mélanogène. Les bacilles pyocyanoïdes sont des bacilles pyocyaniques qui ont perdu le pouvoir de faire de la pyocyanine dans les milieux propices à cette fonction spécifique.

La variété mélanogène, M, comprend les germes pyocyaniques qui font en eau peptonée un pigment noir prédominant sur la pyocyanine habituelle [1]. Le bacille pyocyanique mélanogène doit fournir le pyocyanoïde

---

[1] *Variété mélanogène du bacille pyocyanique* (*Ann. Inst. Pasteur*, 15, 1901, p. 817).

correspondant comme les bacilles des variétés achromogène et érythrogène ont fait leurs pyocyanoïdes respectifs ([1]).

La glycérine m'a servi naguère à réaliser le pyocyanoïde érythrogène. M. Jean Blanc, de son côté, a vu des bacilles pyocyaniques dégradés par la glycérine jusqu'à la perte de leur pouvoir gélatinolytique ([2]). La glycérine apparaît donc comme un puissant agent de dégradation des bacilles pyocyaniques. Au moins à dose élevée; car, en petite quantité, elle est favorisante, comme dans le réactif gélose-peptone glycérinée. J'ai, pour ma nouvelle recherche, employé le milieu peptoné, solide ou liquide, glycériné au taux extrême compatible avec le développement du microbe. J'y multipliai les passages en série d'un bacille mélanogène de race S. J'en tirai finalement et je propage, désormais invariable dans les divers milieux, un germe de même race, c'est-à-dire ne produisant pas de pigment, pyocyanique ni vert fluorescent, en bouillon, et qui ne donne plus de pyocyanine en eau peptonée, gélose-peptone glycérinée, pomme de terre glycérinée, blanc d'œuf coagulé glycériné. Pour caractériser le pyocyanoïde cependant, nécessaire et suffisante est l'absence de pyocyanine dans les cultures du germe en bouillon, eau peptonée, gélose-peptone glycérinée, les trois milieux où s'identifient avec leurs races et leurs variétés tous les représentants actuellement connus de l'espèce pyocyanique ([3]); où d'ailleurs recourt en premier tout essai de diagnose microbienne.

Le nouveau bacille pyocyanoïde a subi du traitement par la glycérine l'effet qu'on avait déjà constaté et que j'ai rappelé plus haut : il a perdu le pouvoir gélatinolytique. Le sérum empêchant de ce pouvoir ([4]) n'a donc pas ici son emploi pour identifier les pyocyanoïdes en les assimilant aux pyocyaniques. Or des germes aussi dégradés pourront se rencontrer dans la nature. Ils n'auront plus pour être caractérisés pyocyanoïdes, dégénérés pyocyaniques authentiques, ni l'appui de la réaction humorale qui a servi jusqu'ici, ni le contrôle assidu de l'expérimentateur qui s'exerçait dans le cas présent. Quoi qu'il en soit, on inclinera justement au classement pyocya-

---

([1]) *Sur les bacilles pyocyanoïdes* (*Comptes rendus*, 170, 1920, p. 298). — *Variétés de bacilles pyocyanoïdes* (*Ibid.*, 174, 1922, p. 130).

([2]) Jean Blanc, *Transformation de bacilles pyocyaniques en bacilles sans pigment...* (*C. R. Soc. Biol.*, 88, 1923, p. 52).

([3]) *Technique d'identification des germes pyocyaniques* (*Ann. Inst. Pasteur*, 34, 1920, p. 88).

([4]) L. Launoy, *Sur l'antiprotéase du bacille pyocyanique* (*C. R. Soc. Biol.*, 82, 1919, p. 263); *Les sérums protéasiques...* (*Ann. Inst. Pasteur*, 34, 1920, p. 249).

noïde, quand des bacilles, non identifiés par ailleurs, présenteront quelque caractère des bacilles pyocyaniques comme aspect des germes, odeur des cultures, pigment d'ordinaire associé à la pyocyanine, soit vert fluorescent, noir ou rouge, avec la présomption que suggèrent les deux derniers en faveur des variétés pyocyanoïdes correspondantes.

CHIMIE PATHOLOGIQUE. — *Sur les rapports entre l'état physico-chimique des humeurs et les phénomènes d'ossification et de décalcification.* Note [1] de MM. **Léon Blum**, **Maurice Delaville** et **van Caulaert**, présentée par M. Widal.

L'étude des modifications humorales au cours de l'ostéomalacie et du rachitisme nous a amenés à examiner les relations existant entre l'état physico-chimique du sang et les phénomènes d'ossification et de décalcification ; elle nous a permis de dégager les principes suivants :

1° L'ossification et la conservation de la structure osseuse sont réglées par un équilibre acide base du sang avec prédominance des bases, tel qu'il existe chez le sujet normal.

2° Tout déplacement de cet équilibre du côté acide, c'est-à-dire tout état d'acidose entraîne des altérations du squelette ; s'il s'agit d'os en voie de formation, il y a arrêt de l'ossification ; s'il s'agit d'os déjà formés, il y a désintégration osseuse se traduisant par une décalcification.

L'explication de ce phénomène est la suivante :

Le tissu osseux peut être considéré comme une charpente albuminoïde (tissu ostéoïde) imprégné par du carbonate neutre de chaux et par du phosphate tricalcique. Du processus d'ossification, encore mal connu dans son intimité, nous ne retiendrons que les deux étapes qui sont le mieux étudiées : la première dans laquelle le calcium du sang vient se fixer sur le tissu ostéoïde et la dernière où il y a précipitation à l'état de calcaire insoluble. Il est facile de constater que chacune de ces deux étapes est liée à un équilibre acide base du sang avec prédominance des bases et qu'elles ne peuvent être réalisées quand il y a état d'acidose.

La première étape de l'ossification est la fixation du calcium sur l'albumine du tissu ostéoïde ; or cette fixation n'est possible que si les albumines ont un caractère acide ; il faut pour cela que la réaction du milieu tissulaire soit dans le sens de l'alcalinité par rapport au point isoélectrique de la protéine.

---

[1] Séance du 5 janvier 1925.

Or les tissus ont par rapport au sang une réaction plus acide, qui est due à la présence de CO^2 et des autres acides provenant du métabolisme tissulaire. Un passage du calcium du sang aux tissus est impossible aussi longtemps que cette réaction tissulaire est plus fortement acide que la réaction sanguine. Ce n'est que le départ des acides tissulaires vers le sang qui peut assurer le changement de réaction indispensable au passage du calcium sur les protéines du tissu ostéoïde. Ce départ d'acides peut se faire si le sang a une réaction à prédominance basique et est ainsi susceptible de recueillir et de neutraliser les acides tissulaires. A la suite du départ de ces acides l'alcalinité du tissu cellulaire augmente, les protéines acquièrent leur caractère acide et peuvent se combiner au calcium du sang.

Ce sont là des conditions tout à fait analogues à celles qui assurent la formation de calcium colloïdal dans le sang.

S'il y a au contraire acidose sanguine, les acides tissulaires, en particulier le CO^2, ne sont pas suffisamment neutralisés : l'acidité tissulaire se maintient, les albumines gardent leur caractère basique et elles sont incapables de fixer le calcium. Il faut donc une prédominance de bases dans le sang pour que la fixation du calcium sur les colloïdes du tissu ostéoïde soit possible.

La nécessité d'un tel équilibre acide base avec prédominance basique n'est pas moins évidente pour la dernière phase du processus d'ossification : la précipitation à l'état de calcaire basique ne peut se produire s'il y a le moindre excès d'acide. S'il y a état d'acidose les sels calciques redeviennent solubles et il se produit la décalcification.

On conçoit que cette influence de l'équilibre acide base exerce une action différente selon qu'il s'agit de tissu osseux en voie de formation ou d'os déjà formés. Pour le tissu osseux en voie de formation l'acidose empêche l'ossification dès sa première étape : c'est ce qui se produit dans le rachitisme. En présence du tissu osseux définitivement constitué, l'acidose produit la décalcification : c'est le processus que nous rencontrons dans l'ostéomalacie, dans le diabète grave avec acidose; on l'a réalisé expérimentalement chez l'animal et dans un but thérapeutique chez l'homme. Il est également la cause des altérations squelettiques au cours de la grossesse où il y a acidose.

M. **Eugène Turpin** rappelle qu'il a proposé dès 1891 de construire un gros électro-aimant pour étudier *l'action* possible *du magnétisme sur les réactions chimiques*, et pris un brevet à ce sujet.

La séance est levée à $15^h 55^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 9 mars 1925.)

Note de M. *Charron*, Résultantes des pressions de radiation sur les parois d'une cavité quelconque :

Page 734, ligne 16, *au lieu de* Les forces $\varphi = u\,ds$ et f_1, *lire* Les forces $\varphi = ur\,ds$ et f_1.

Note de M. *H. Rosset*, Sur le chlorazoture de phosphore :

Page 750, ligne 15, *au lieu de* 4Cl au $\frac{1}{10}$, *lire* HCl au $\frac{1}{10}$.

Note de MM. *Marcel Godchot* et *Pierre Bedos*, Sur les deux diméthyl-13-cyclohexanones-4 et les diméthylcyclohexanols correspondants :

Page 754, lignes 18 à 21, *au lieu de :* mais un mélange (ébullition, 173°-175°, corr.) de deux alcools *cis* et *trans*, l'un peu soluble dans l'alcool éthylique, dérivant de l'alcool décrit ci-dessus, l'autre beaucoup plus soluble, fusible à 135°-136°, provenant de l'alcool stéréoisomère, *lire :* mais un mélange (ébullition 173°-175°, corr.) des deux alcools *cis* et *trans*, car l'action de l'acide cyanurique engendre deux allophanates, l'un, peu soluble dans l'alcool éthylique, fusible à 149°, correspondant à l'alcool décrit plus haut, l'autre, beaucoup plus soluble, fusible à 135°-136°, provenant de l'alcool stéréoisomère.